SONDERHEFT

PCGH

Hardware

PC Games Hardware

Fit für Fortnite, Cyberpunk & Co.

Gaming-PC im Eigenbau

2020

1. Kaufberatung 49 Seiten

2. Bauanleitung 9 Seiten

3. Tuning & Tipps 16 Seiten

Hilfe für Einsteiger

Bebilderte Bauanleitung

Perfekte Kombinationen

So rüsten Sie clever auf!

€ 6,99
Ausgabe 02/2020
Österreich € 8,00 | Schweiz sfr 13,- |
Holland/Belgien/Luxemburg € 8,30

4 195756 806993 02

Kaufberatung: Grafikkarte, Prozessor, RAM & mehr

Fehlkäufe vermeiden

CASEKING.de

KING MOD SYSTEMS GAMING-PCs

Auf dem Gipfel der KÜHLLEISTUNG

Alpfenföhn Brocken 3
CPU-Kühler für bis zu
220 Watt TDP

Erhältlich in den Farben
Schwarz, Weiß und Silber

Alpenföhn

KING MOD SYSTEMS

KING MOD SYSTEMS WHITE BEAUTY

- Frei konfigurierbares AMD-System in edlem Weiß
- Vorkonfiguriert mit leisen Alpenföhn-Kühlkomponenten
- Optimale Gaming-Performance out of the box

ALPENFÖHN WING BOOST 3 ARGB

- Performanter und leiser 120-mm-PWM-Lüfter
- RGB-Beleuchtung mit einzeln ansteuerbaren LEDs
- Bis zu 92,6 m³/h | 2,19 mm H2O | 23,5 dB(A)

Caseking GmbH, Gaußstr. 1, 10589 Berlin eMail: info@caseking.de tel. bestellen: +49 (0)30 40 36 642 - 00 www.caseking.de

Alle Preisangaben inkl. 19% MwSt., exkl. Versandkosten. Irrtümer, Druckfehler und Preisänderungen vorbehalten. Finanzierung gültig für alle Caseking PC-Systeme. Barzahlungspreis entspricht dem Nettodarlehensbetrag. Finanzierungsbeispiel: Nettodarlehnsbetrag von 499,90€. Effektiver Zins von 9,9% bei einer Laufzeit von 24 Monaten entspricht einem gebundenen Sollzins von 9,5% p. a. Bonität vorrausgesetzt. Partner ist die Targobank. Die Angaben stellen zugleich das 2/3 Beispiel gem. § 6 a Abs. 3 PAngV dar.

Editorial

Sie möchten sich einen neuen PC zusammenbauen? Egal, ob Anfänger oder alter Hase, in diesem Heft erfahren Sie alles Wissenswerte.

Pandemie. Corona. Shutdown. Nur ein paar der unschönen, allgegenwärtigen Worte für die neue Realität. Doch PC-Spieler wissen Auswege aus der Misere: die virtuelle Realität! Egal, ob Sie bereits ein VR-Headset besitzen oder noch traditionell mit Monitor, Maus und Tastatur spielen, ein potenter Gaming-PC ist zweifellos ein Mittel, um dem Alltag zumindest zeitweise zu entgehen. Da Sie dieses Heft aufgeschlagen haben, sind Sie zweifellos auf der Suche nach frischer Hardware. Dabei helfen wir Ihnen gerne!

Rechnerbau von A bis Z

Egal ob Gaming-PC mit Streaming-Reserven, Multimediamaschine oder ein Renderbolide zum Schneiden und Bearbeiten von Videos, in Sachen Prozessor bekam man noch nie so viele Kerne und somit Leistung pro Euro. Bei den Grafikkarten halten sich die Neuerungen zwar in Grenzen, der Markt hält jedoch unzählige attraktive Modelle bereit, von denen einige sogar erfreulich bezahlbar sind. Wir präsentieren Ihnen die derzeit empfehlenswerten Modelle für Spieler, von der Mittelklasse bis zum High-End-Boliden, und zeigen, wo sich das Aufrüsten (nicht) lohnt. Selbstverständlich kommen auch andere Komponenten nicht zu kurz; neben populären Displays mit WQHD/144 Hertz warten unter anderem effiziente Netzteile, ansprechende Gehäuse sowie reichlich flinker Speicher (DDR4 und SSDs) auf Sie.

Doch das ist nicht alles, denn viele Einzelteile ergeben noch keinen PC – das Teamplay der Komponenten muss stimmen. Auch dabei lassen wir Sie nicht im Stich: Eine ausführliche, bebilderte Zusammenbau-Anleitung für einen beispielhaften Gaming-PC, bei dem wir Alltagstipps geben und auf mögliche Probleme eingehen, nimmt Schrauber-Neulinge an die Hand. Im Anschluss verraten wir, wie Sie Ihren neuen Diener so schnell und effizient wie möglich machen, und zeigen außerdem, wie Sie Ihre Lieblingsspiele am PC aufhübschen. Da die Praxis im Vordergrund steht, verzichten wir in diesem Heft auf Tabellenwüsten und lassen stattdessen Wort und Bild sprechen – so gelingen die Auswahl und der Zusammenbau am besten. In diesem Sinne: Viel Spaß beim Schmökern, Shoppen und Schrauben!

Raffael Vötter
Leitender Redakteur PCGH

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

COMPUTEC
MARQUARD MEDIA GROUP

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Christian Müller, Rainer Rosenbusch

Brand/Editorial Director (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Claus Ludewig (cl), David Ney (dn), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Willi Tiefel (wt) Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Christian Sengstock (cs)
Lektorat Birgit Bauer
Layout Frank Pfründer
Mitarbeiter dieser Ausgabe Christian Sengstock (cs), Nikolas Schonath (ns)
Layoutkoordination Alexandra Böhm
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, dn, cl, fp, pr, cs, fs, wt, rv, tv, dw, sw
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Produktion, Vertrieb, Abonnement Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig
Marketing Jeanette Haag (Ltg.), Simon Schmid

www.pcgameshardware.de

Brand/Editorial Director Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Alexandros Bikoulis, Manuel Christa, Claus Ludewig, David Ney, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Willi Tiefel, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke, Christian Sengstock
Digital Director Simon Fistrich
New Business Entwicklung Viktor Eippert (Project Manager)
Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, Ali Adlah
Produktmanagement Aykut Arik
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Sales Director
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Print / Digital
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

E-Commerce & Affiliate Daniel Waadt (Head of E-Commerce & Affiliate), Veronika Maucher, Andreas Szedlak, Frank Stöwer
Creation & Services Wolfgang Fischer (Head of Creation & Services), Jan Weingarten
Corporate Sales & Publishing Dirk Gooding (Head of Corporate Sales), Uwe Hönig (Head of Corporate Publishing)

Anzeigenberatung Online Ströer Digital Media GmbH, Kehrwieder 8-9, 20457 Hamburg
Tel.: +49 40 – 468 567-100
www.stroeer.de, kontakt@stroeer.de

Anzeigendisposition Franziska Behme, Annett Heinze, anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 33 (01/2020)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,- (€ 56,- Österreich, € 60,- Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Baumwall 11, 20459 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: IPRESS CENTER Central Europe Plc., Nádas st. 8., H-2600 Vác Ungarn

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA GROUP

Deutschland:
4PLAYERS, AREAMOBILE, BUFFED, GAMESWORLD, GAMEZONE, GOLEM, LINUX-COMMUNITY, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, MAKING GAMES, N-ZONE, GAMES AKTUELL, PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, RASPBERRY PI GEEK, SFT, VIDEOGAMESZONE, WIDESCREEN

Marquard Media Polska:
CKM.PL, KOZACZEK.PL, PAPILOT.PL, SHOPPIEGO, ZEBERKA.PL

Marquard Media Hungary:
JOY, JOY-NAPOK, INSTYLE, SHOPPIEGO, APA, ÉVA, GYEREKLÉLEK, FAMIILY.HU, RUNNER'S WORLD

Aussuchen: Hardware-Empfehlungen auf 49 Seiten

Wer sich dafür entscheidet, seinen PC selbst zusammenzustellen, steht vor einem Berg an Möglichkeiten. Wir helfen Ihnen dabei, die richtigen, miteinander harmonierenden Komponenten auszusuchen – selbstverständlich für alle Preisbereiche und Interessenten, vom Sparfuchs bis zum Schlachtschiff.

Zusammenbauen: Gaming-PC

Liegen die Wunsch-Komponenten bereit, müssen sie noch vereint werden. Wir zeigen anhand vieler Bilder, wie Sie das am besten anstellen.

Aufmotzen: Fps und Grafik

Der Rechner läuft? Zeit, zu spielen! Mit unseren Tipps helfen Sie der Grafik und der Bildrate Ihrer Lieblingstitel garantiert auf die Sprünge.

Heftinhalt

Service

Editorial & Impressum ... 03
Inhaltsverzeichnis ... 04

Kaufberatung & Produktempfehlungen

Prozessoren ... 06
Mainboards ... 12
Arbeitsspeicher ... 20
Grafikkarten ... 24
Solid State Drives ... 30
Prozessorkühler ... 34
Lüfter ... 38
Netzteile ... 42
Gehäuse ... 46
Monitore ... 50

Praxis & Info

Bauanleitung: Gaming-PC ... 56
Mehr Leistung dank Low-Level-API ... 66
Spielegrafik aufpolieren ... 72

be quiet!®

GET IN THE FLOW!

PURE BASE 500DX

Außerordentlich hoher Airflow, signifikant leiser Betrieb

Entdecke Pure Base 500DX – das neue be quiet! Gehäuse, optimiert auf maximalen Airflow, der die Hitze schnellstmöglich aus dem System befördert. Durch das stylische Design mit ARGB LEDs ist es ein echter Hingucker!

- Airflow-optimiertes Frontpanel und Top-Cover
- Drei leise Pure Wings 2 140mm Lüfter für hohe Kühlleistung
- ARGB LEDs an der Front und im Gehäuse
- USB 3.1 Gen. 2 Type C für modernste Hardware

Erhältlich bei:
alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de
computeruniverse.net · conrad.de · hiq24.de · e-tec.at
galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de
reichelt .de

bequiet.com

Prozessoren

Wie viele Kerne ein Prozessor im Jahr 2020 haben sollte, hängt von seinem Einsatzgebiet ab. In diesem Artikel verraten wir, welche CPUs am besten zum Spielen und Rendern geeignet sind.

Wenn sich im Hardware-Bereich etwas regt, dann bei den Prozessoren. Alles begann im Jahr 2017: AMD erwachte aus dem Tiefschlaf und brachte mit dem Ryzen-Portfolio nicht nur frischen Wind, sondern einen regelrechten Orkan in den Markt. Platzhirsch Intel sah sich zu drastischen Maßnahmen gezwungen und krempelte ebenfalls sein komplettes Angebot um. Mit Comet Lake-S gibt es von Intel inzwischen wieder eine starke Konkurrenz. Das freut den Kunden, denn Mitte 2020 erhalten Aufrüster eine größere Auswahl, mehr CPU-Kerne und somit mehr Leistung denn je. In diesem Artikel klären wir, welche Prozessoren sich für welchen Einsatzzweck lohnen, wobei der Fokus PCGH-typisch auf PC-Spielen liegt.

Das Fundament wählen

Mit dem Prozessor geht die Entscheidung für eine bestimmte Plattform einher. Aktuell sind dabei folgende: AMD pflegt die AM4-Plattform sogar noch bis zu den kommenden Ryzen-4000-Prozessoren. Bislang markiert X570 das höchste Gut, dicht gefolgt von den X470- und B450-Mainboards. Der Interessent darf sich auch bald bei B550-Boards bedienen. Grundsätzlich lassen sich alle Zen-Prozessoren auf jedem der aktuell erhältlichen Boards betreiben, es gibt allerdings ein paar Einschränkungen: Ryzen 1000 wird für gewöhnlich nicht auf X570 funktionieren und Ryzen-3000-CPUs benötigen für ältere Mainboards zwingend ein BIOS-Update. Die Lage des B550 war bis zum Redaktionsschluss nicht gänzlich zu klären, Fakt ist derzeit, dass ausschließlich X570- und B550-Boards die kommenden Zen-3-Prozessoren (Ryzen 4000 Desktop) unterstützen werden. Warten Sie mit dem Kauf im Zweifel noch ein paar Wochen ab und informieren Sie sich bei dem Mainboard-Hersteller Ihrer Wahl.

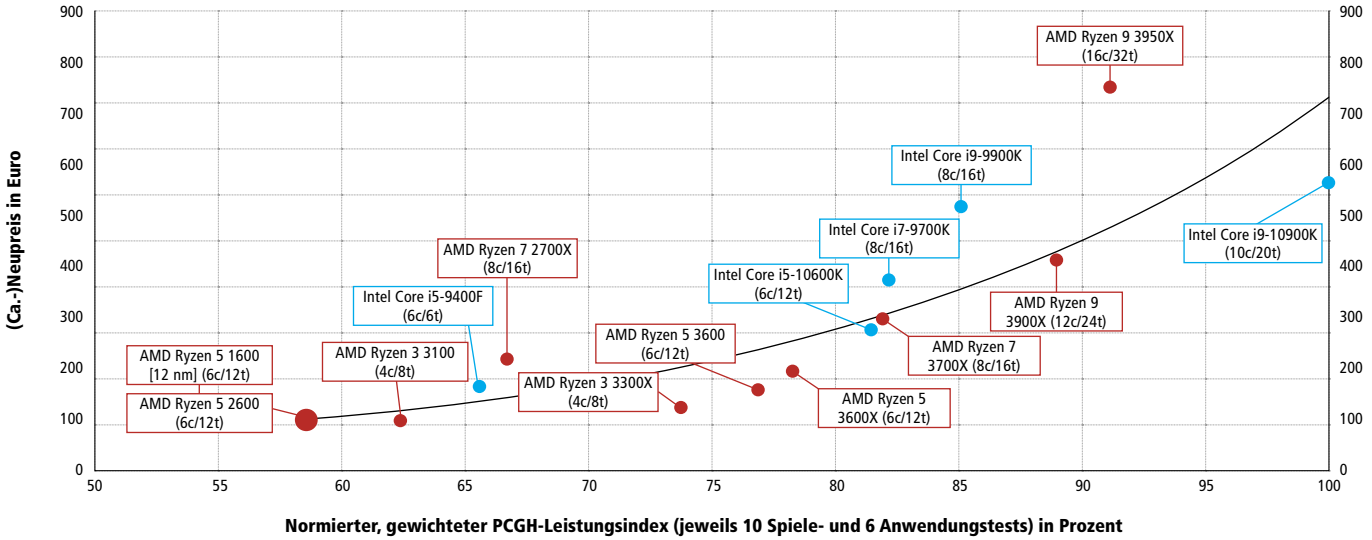
Bei Intel sieht die Sache dagegen etwas einfacher aus, zumindest bei der CPU-Unterstützung. Comet-Lake-S-CPUs, die Nachfolger der beliebten Coffee-Lake-CPUs, wie beispielsweise der Core i7-8700K oder Core i9-9900K, benötigen neue Mainboards mit dem Sockel 1200. Die Krux: Mit Comet Lake-S lassen sich nicht alle Features der neuen Mainboards nutzen. Letztere sind bereits dazu in der Lage, PCI-E-4.0- und passende NVMe-Slots bereitzustellen, die CPU jedoch unterstützt diese Features nicht. Erst der Nachfolger, Rocket Lake, wird dazu in der Lage sein. Behalten Sie das bitte im Hinterkopf, falls Sie sich für die neue Intel-Plattform entscheiden.

Die richtige Gaming-CPU

Konkurrenz belebt das Geschäft. Dank AMDs starken Zen-2-Prozessoren ist Intel auch mit neuen CPUs am Markt. Comet Lake-S bietet dabei eine Auswahl an 32 verschiedenen CPUs, vom einfachen Celeron Dual-Core bis hin zum 10-Kerner Core i9-10900K. Doch nicht alle CPUs verdienen eine Empfehlung. Der wichtigste Ausgangspunkt ist das Anwendungsgebiet. Sicher, es geht um PC-Gaming, doch die Nutzer haben sich weiter- und neue Ansprüche entwickelt. Heute geht es um Streaming, Rendering, Film- und Musikproduktion – der PC macht viel mehr gleichzeitig als noch vor einigen Jahren. Dies alles muss die CPU bewältigen. Die Anzahl der Kerne spielt dabei eine ebenso wichtige Rolle wie ein möglichst hoher Takt. Doch der Reihe nach.

Wenn Sie eine CPU für einen einfachen Spiele-PC suchen, so können Sie sich uneingeschränkt im Preisbereich bis 200 Euro umsehen. Ein Ryzen 5 3600 beispielsweise, welcher aktuell für etwa 165 Euro erhältlich ist, übertrifft bereits die Erwartungen der meisten Spieler und liefert mehr als genug Leistung für alle aktuellen Spiele. Die CPU verfügt über sechs Kerne und bietet per SMT zudem die Möglichkeit, insgesamt 12 Threads zu nutzen. Wir können natürlich nicht in die Zukunft sehen, gehen aber stark davon aus, dass Sechskerner noch einige Zeit für moderne Spiele ausreichen werden. Für Spiele wie DotA oder LoL genügt sogar ein Ryzen 3 3300X für knapp 130 Euro. Sitzt der Geldbeutel etwas lockerer, können

Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren in der Übersicht



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	AMD Ryzen 5 1600 [12 nm] (6c/12t)	100%	100%	100%	58,4%	100
	AMD Ryzen 3 3100 (4c/8t)	93,1%	93,1%	93,2%	62,3%	100
	AMD Ryzen 3 3300X (4c/8t)	92,4%	94,2%	88,4%	73,7%	130
	AMD Ryzen 5 2600 (6c/12t)	79,6%	78,8%	81,5%	58,5%	110
	AMD Ryzen 5 3600 (6c/12t)	74,2%	72,2%	79,1%	76,9%	160
	AMD Ryzen 7 2700X (8c/16t)	68,6%	65,9%	74,7%	66,6%	220
	Intel Core i5-9400F (6c/6t)	66,2%	68,0%	62,2%	65,6%	165
	AMD Ryzen 5 3600X (6c/12t)	61,3%	59,2%	66,2%	78,2%	200

	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	Intel Core i5-10600K (6c/12t)	49,2%	49,5%	48,7%	81,8%	300
	AMD Ryzen 7 3700X (8c/16t)	45,8%	43,6%	50,9%	81,7%	285
	Intel Core i7-9700K (8c/16t)	32,9%	33,1%	32,7%	82,1%	380
	AMD Ryzen 9 3900X (12c/24t)	30,9%	28,4%	36,9%	89,0%	420
	Intel Core i9-10900K (10c/20t)	30,5%	29,4%	33,1%	100%	570
	Intel Core i9-9900K (8c/16t)	26,2%	25,9%	26,8%	85,0%	525
	AMD Ryzen 9 3950X (16c/32t)	20,0%	17,6%	25,7%	91,1%	755

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Exponentielle Trendlinie. Die „perfekte" CPU wäre ganz unten rechts zu finden.

Sie sich auch einen der aktuell beliebtesten Achtkerner gönnen, den AMD Ryzen 7 3700X. Aufseiten von Intel empfehlen sich für Spiele-PCs CPUs wie ein Core i5-10400F oder Core i5-10600K – ebenfalls starke Vielkerner mit SMT und hoher Effizienz.

Wenn Sie höhere Ansprüche an die CPU-Leistung hegen, können Sie im Preisbereich bis 500 Euro so viel CPU-Leistung wie kaum zuvor erwerben. Da wäre zum Beispiel der Core i9-10900K zu nennen, das neue Topmodell von Comet Lake-S. Dank starker 10 Kerne und 20 Threads sowie einem Turbo bis 5,3 GHz ist der 10900K spielend die schnellste Spiele-CPU. Mit einer TDP von 125 Watt empfehlen wir Ihnen allerdings einen starken Luftkühler, besser noch eine Wasserkühlung. Bei AMD können sie mit dem Ryzen 9 3900X nichts falsch machen. Diese CPU besitzt sogar 12 Kerne und kann per SMT bis zu 24 Threads bereitstellen. Das macht den Ryzen in Anwendungen sehr performant. Die CPU muss sich aber auch vor Spielen nicht verstecken. Laut den letzten Messungen erreicht ein 3900X rund 86 Prozent der Spieleleistung eines 10900K, was ein sehr guter Wert ist. Der Clou bei solchen Vielkern-CPUs ist, dass Sie nebenher noch viele andere Dinge mit dem PC machen können, ohne dass die Leistung einbricht. Sie können das Erstarken dieser neuen CPUs natürlich auch insofern für sich nutzen, als Sie vom Abverkauf der alten Modelle profitieren. Ein Core i7-8700K oder Core i9-9900K z. B. liefert auch heute noch hohe Leistung beim Spielen. Ältere Ryzens, wie ein Ryzen 5 2600 oder der erste „Volks-Achtkerner" Ryzen 7 1700 sind ebenso noch eine günstige Option.

Grundsätzlich sollten Sie keine Desktop-CPU mit weniger als vier Kernen kaufen, außer für einfache Büro-Rechner, denn viele Spiele verweigern inzwischen den Start mit nur zwei Kernen, auch mit SMT. Dualcore-CPUs eignen sich aber noch relativ gut zum Arbeiten, sofern sie zumindest über vier Threads verfügen. Ähnliches gilt dann auch für Vielkern-Prozessoren, wie beispielsweise den AMD Ryzen Threadripper 3990X. Diese CPU besitzt 64 Kerne und 128 Threads – bislang ist kein PC-Spiel in der Lage, derart viele Threads optimiert zu nutzen, zumal der Preis für normale PC-Gamer zu hoch ausfällt.

AMD bietet hier aber mit dem Ryzen-Master-Tool eine recht einfache Möglichkeit, die Kernanzahl und vieles mehr an seine Bedürfnisse anzupassen. Bei Intel gibt es kein ähnliches Tool, hier muss vieles noch manuell angepasst werden, obgleich das Intel Extreme Utility mit Comet Lake-S ein Update erfahren hat.

Grundsätzlich raten wir auch vom Kauf älterer Core-Modelle (alles bis zur 7000er-Reihe) und von AMDs FX-Prozessoren ab. Diese CPUs mögen rein faktisch noch genügend Leistung an den Tag legen, jedoch sind die verwendeten Architekturen meistens veraltet und entsprechende Hardware (Mainboards, DDR3-Riegel etc.) ist nur noch schwer/gebraucht zu bekommen. Das alles hängt aber immer vom jeweiligen Standpunkt ab. Wenn Sie ein altes System auf Vordermann bringen wollen, aber nicht die komplette Plattform tauschen möchten, spricht nichts gegen gebrauchte Hardware. Sie tun damit nicht nur Ihrem Geldbeutel etwas Gutes, sondern auch der Umwelt. *(dn)*

Der Allrounder

AMD Ryzen 9 3900X

Mit dieser CPU können Sie sicher sein, dass Sie für die nächsten drei bis fünf Jahre bestens versorgt sind.

Einen Zwölfkerner im Desktop und das auch noch bezahlbar? Früher war eben doch nicht alles besser. AMD hat es mit Zen 2 möglich gemacht. Wozu Sie 12 Kerne brauchen? Das müssen Sie selbst wissen. Wir können Ihnen jedenfalls garantieren, dass dieser CPU nicht so schnell die Puste ausgeht. Egal ob Sie damit „nur" am PC spielen oder nebenbei noch arbeiten (oder zum Spaß) streamen möchten – die Framerate bleibt stabil. Beachten müssen Sie dabei im Grunde nichts, Sie können den 3900X auf jedem Board mit AM4-Sockel betreiben. Für ältere Mainboards kann jedoch ein BIOS-Update nötig sein. Mit einer TDP von 105 Watt, welche nur für den Basistakt von 3,8 GHz gilt, und einer Boost-Freigabe bis 4,6 GHz bei 142 Watt Spitze, empfehlen wir Ihnen allerdings einen performanten CPU-Kühler oder besser eine (Kompakt-)Wasserkühlung. Beim Arbeitsspeicher geht man, wie bei der Plattform, keine Kompromisse ein. Alle Zen-2-Prozessoren bieten hardwareseitiges PCI-E 4.0, das Board muss diese Schnittstelle aber ebenso unterstützen, was aktuell nur für X570-Mainboards gilt. Die kommenden B550-Bretter sollen aber ebenso PCI-E 4.0 an Bord haben. AMD empfiehlt DDR4-3200 für Zen 2. Im PCGH-Testlabor hat das jede Zen-2-CPU bewältigt, auch ein Betrieb bei DDR4-3733 ist ohne Weiteres möglich. Der IF-Takt, welcher für die Kommunikation zwischen Prozessor und Arbeitsspeicher sorgt, sollte dabei immer synchron laufen. Bei DDR4-3200 bedeutet das beispielsweise einen IF-Takt von 1.600 MHz. Die Obergrenze vieler Ryzen 9 3900X liegt bei 1.900 MHz, was DDR4-3800 garantiert. Das sorgt im Zusammenspiel mit scharfen RAM-Timings für zusätzliche Leistung in Spielen und Anwendungen.

Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 12 Kerne und 24 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 3,8 GHz Basistakt, 4,6 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: AM4, 105 Watt**
- **Kompatibel mit: A320, B350, X370, B450, X470, B550, X570, Boards setzen womöglich BIOS-Update voraus**
- **Besonderheiten: 24 PCI-E 4.0 Lanes, verlötet, ECC**

Der Spieler

AMD Ryzen 7 3700X

Zwölf Kerne sind Ihnen zu viel und sechs zu wenig? Dann lautet die Antwort Ryzen 7 3700X.

2017 war es mit dem Ryzen 7 1700 so weit: Es gab einen Achtkerner fürs Volk. Intel hatte dann erst mit einem Sechskerner und einen Refresh später auch mit einem Achtkerner darauf reagiert. Zu diesem Zeitpunkt hatten sich Octacore-Fans bereits längst mit besagter Zen-CPU eingedeckt. Der Nachfolger war der Zen-Refresh, namentlich Ryzen 7 2700(X), welcher etwas mehr Leistung bot. Mit acht Kernen ist man heutzutage für jede Aufgabe gerüstet, ob beim Spielen oder Arbeiten. Um Kritiker allerdings vollends zu überzeugen, brauchte es mehr Leistung. AMD hat also gehörig unter der Haube gearbeitet, mehr Cache und mehr Takt ermöglicht, interne CPU-Latenzen verringert und die Unterstützung für schnelleren Arbeitsspeicher eingebaut. Das Ergebnis ist der AMD Ryzen 7 3700X. Warum sich nun für den neuen Achtkerner entscheiden und nicht günstig im Abgriff ein altes Modell erwerben? Nun, ganz einfach, der Ryzen 7 3700X lässt alle Vorgänger mit nur einem Fingerschnipp im Regen stehen. Sie werden keinen CPU-Benchmark finden, in welchem der 3700X langsamer als andere AMD-Octacores ist. Die CPU muss sich lediglich gegenüber dem Ryzen 7 3800X geschlagen geben, welcher sich allerdings mehr im Preis als in der Leistung vom 3700X absetzt. Im PCGH-Preisvergleich ist der AMD Ryzen 7 3700X seit vielen Monaten auf Platz 1. Diese CPU trifft derzeit genau den Nerv der Käuferschaft. Eine moderne Plattform wird hier mit acht Kernen, die über ausreichend Leistung verfügen, und einem vergleichsweise günstigen Kaufpreis verbunden. Für diese CPU gelten die gleichen Voraussetzungen seitens der Mainboards, schauen Sie sich dazu bitte den Text des Ryzen 9 3900X an.

Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 8 Kerne und 16 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 3,9 GHz Basistakt, 4,5 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: AM4, 65 Watt**
- **Kompatibel mit: A320, B350, X370, B450, X470, B550, X570, Boards setzen womöglich BIOS-Update voraus**
- **Besonderheiten: 24 PCI-E 4.0 Lanes, verlötet, ECC**

Der Sparer

AMD Ryzen 5 3600

Die beste Mischung aus Preis und Leistung bietet definitiv diese CPU. Dazu gesellen sich sechs schnelle Kerne.

Sechskerner haben sich inzwischen zu einem Geheimtipp gemausert. Das fing bereits mit dem Ryzen 5 1600 an, welcher erstmalig mehr als vier Kerne in den Mainstream-Desktop brachte und mit einer UVP von damals rund 220 Euro einschlug wie eine Bombe. Da verwundert es nicht, dass der direkte Nachfolger im Form des Ryzen 5 2600 ebenso beliebt war. Letzterer hat sich dank der besseren Fertigung und hoher Verkäufe einen noch attraktiveren Preis sichern können. Als der Ryzen 5 3600 allerdings die Bühne betrat, hat er alle Erwartungen übertroffen. In über 90 Prozent der Spiele-Benchmarks ist ein Ryzen 5 3600 schneller als das vorherige Topmodell Ryzen 7 2700X, bei wesentlich höherer Effizienz. Das ist genau der Fortschritt, welchen der Käufer von einer neuen CPU-Generation erwartet. Das Verblüffende ist zudem die hohe Anwendungsleistung, die in dieser kleinen CPU steckt. Sämtliche Optimierungen unter der Haube verhelfen natürlich auch den kleinsten Modellen einer Prozessor-Generation zu einer stabilen Leistungsbasis. Fakt ist: So viel CPU für so wenig Geld gab es noch nie. Intel mag in dem einen oder anderen Benchmark die Nase vorne haben, lässt sich diesen Vorteil aber direkt in Gold aufwiegen. Die Stärke des Ryzen 5 3600 liegt somit vor allem im Gesamtpaket. Sie können beispielsweise mit einem B550-Mainboard und dieser CPU ein sehr performantes System schaffen, das keine Unsummen kostet und welches sich später bei Bedarf ganz einfach aufrüsten lässt. Und falls Sie sich Sorgen machen, dass sechs Kerne Mitte 2020 nicht mehr lange halten werden, so können wir Sie beruhigen. Wir gehen stark davon aus, dass Hexacores, mit SMT wohlgemerkt, noch für viele Jahre ein stabile Basis bilden.

Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 6 Kerne und 12 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 3,6 GHz Basistakt, 4,2 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: AM4, 65 Watt**
- **Kompatibel mit: A320, B350, X370, B450, X470, B550, X570, Boards setzen womöglich BIOS-Update voraus**
- **Besonderheiten: 24 PCI-E 4.0 Lanes, verlötet, ECC**

Maximale Spielleistung

Intel Core i9-10900K

Sie möchten die höchste Performance in Spielen ohne Kompromisse? Mit Comet Lake-S ist das kein Problem.

Die letzten zehn Prozent Mehrleistung gibt es meist mit einem Nachteil, welcher in dem Fall der Preis ist. Verstehen Sie uns nicht falsch, ein Core i9-10900K ist eine großartige CPU. Sie kommt nur etwas spät und wirft so einige Fragen auf, die vor allem im Zusammenhang mit der Plattform stehen. Wenn Sie beispielsweise ein Z490-Mainboard kaufen, was Käufer von solchen CPUs für gewöhnlich tun werden, stehen Sie vor dem Problem, dass Sie nicht alle Features des Mainboards nutzen können. Da wäre beispielsweise PCI-E 4.0. Die Boards können es, aber Comet Lake-S unterstützt es nicht. Erst der Nachfolger wird aller Voraussicht nach diese Fähigkeit mit sich bringen. Somit bleiben Ihnen „nur" die Fähigkeiten der CPU allein, die haben es aber in sich. Für reine PC-Spieler, welche die maximale Leistung wünschen, führt kein Weg am 10900K vorbei. Welches Spiel wir auch getestet haben, ein 10900K ist in der Regel auf dem ersten, manchmal knapp auf dem zweiten Platz. Das liegt weniger an den zehn Kernen, sondern eher am sehr hohen Takt. Die 5,3 GHz gelten dabei allerdings nur für Single-Core-Boosts, was für die hohe Leistung in Spielen sorgt. Intel hat bei dieser Generation die TDP-Angaben erhöht. Kam der Vorgänger, Coffee Lake, noch mit maximal 95 Watt aus, sind es bei Comet Lake-S 125 Watt. Das Topmodell, Core i9-10900K, darf dabei für einen vorkonfigurierten Zeitraum von 56 Sekunden gar 250 Watt aufnehmen. Viele Benchmarks dauern nicht länger als eine Minute. Ein Schelm, wer dabei Böses denkt. Trotzdem ist die CPU die neue Nummer 1, wenn es um pure Spieleleistung geht. Wir empfehlen, wegen der hohen TDP-Angabe in einen starken Kühler zu investieren.

Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 10 Kerne und 20 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 3,7 GHz Basistakt, 5,3 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: LGA 1200, 125 Watt**
- **Kompatibel mit: B460, H410, H470, Q470, W480, Z490, Boards bieten mehr Features als CPU unterstützt**
- **Besonderheiten: verlötet, DDR4-2933 Support, iGPU**

Erbe des 8700K

Intel Core i5-10600K

Hohe Spielleistung gepaart mit sehr guter Effizienz und ausreichend schnellen Kernen.

Erinnern Sie sich noch an den Intel Core i7-8700K? Die CPU hat bei Intel den Weg für mehr als vier Kerne im Mainstream-Desktop geebnet und ist sogar heute noch konkurrenzfähig, zumindest auf die Spieleleistung bezogen. Es gab mit dem Coffee-Lake-Refresh zwar einen augenscheinlichen Nachfolger, ein Core i7-9700K verfügt allerdings über native acht Kerne ohne SMT. Ein 8700K hat somit mehr Threads als sein Nachfolger und Aufrüster wechselten eher zum Core i9-9900K. Mit dem Core i5-10600K gibt es nun noch eine Generation später eine CPU, welche das Erbe des 8700K antritt. Wenn Sie Ihre Augen über den CPU-Index auf der nächsten Seite streifen lassen, sehen Sie die leicht bessere Performance des 10600K gegenüber dem 8700K. Die Unterschiede sind nicht allzu groß, allerdings erledigt der 10600K seine Aufgaben wesentlich effizienter und ist zudem günstiger als sein Vorbild, und das, obwohl die TDP hier, wie beim 10900K, auch bei 125 Watt liegt. Für den 10600K hat Intel für 56 Sekunden rund 182 Watt freigegeben. Es ist sozusagen die Brot-und-Butter-CPU von Intel. Wie auch beim AMD Ryzen 5 3600 braucht man sich bislang noch keine Gedanken darüber zu machen, ob sechs Kerne bald zum alten Eisen gehören. Den 10600K trifft allerdings das gleiche Schicksal wie den 10900K: Sie müssen möglicherweise auf einige Features Ihres Mainboards verzichten. Die CPU leistet sich ansonsten keine größeren Patzer, lediglich der Preis ist, gemessen an der Konkurrenz, etwas zu hoch. In Anwendungen liegt man mit dem 10600K leicht unterhalb eines Ryzen 5 3600. Wir geben daher eine Kaufempfehlung für einen anständigen Gaming-PC – mit Aufrüstoption, wenn der Nachfolger, Rocket Lake, am Markt ist.

Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 6 Kerne und 12 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 4,1 GHz Basistakt, 4,8 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: LGA 1200, 125 Watt**
- **Kompatibel mit: B460, H410, H470, Q470, W480, Z490, Boards bieten mehr Features als CPU unterstützt**
- **Besonderheiten: verlötet, iGPU**

Schnell und günstig

Intel Core i5-10400F

Willkommen in der Mittelklasse, wo schlanke Preise auf angemessene Leistung treffen.

Dem 10400F ergeht es genau wie dem Ryzen 3600. Die Leistung in Spielen ist ausreichend hoch, die Leistungsaufnahme ist gering und der Preis ist dem Ganzen angemessen. Warum gibt es beim 10400F dann einen Abzug in der B-Note? Das liegt vor allem am Komplettpaket. Wie vorher erwähnt, unterstützt Comet Lake-S nicht alle Features, welche die Mainboards mit Sockel 1200 anbieten. Darunter leidet die Eigenschafts-Note. Wer ausschließlich spielt, den kümmert das natürlich wenig. Genau das macht die CPU nämlich sehr gut und erinnert damit an den direkten Vorgänger, Core i5-9400F. Letzterer nahm zum Ende der Coffee-Lake-Ära eine besondere Rolle ein und war nach dem Launch von Zen 2 um einiges günstiger zu haben. Die Achillesferse des 9400F war das fehlende SMT, was die CPU in Anwendungen langsam machte. Genau hier setzt der neue 10400F an. Mit SMT, 300 MHz mehr Takt im Allcore-Boost und 200 MHz mehr Takt im Singlecore-Boost, wird der Core i5-10400F konkurrenzfähig zum Ryzen 5 3600. Auch preislich unterscheiden sich die beiden CPUs nicht wesentlich. Beachten Sie, dass Sie die CPU nicht übertakten „dürfen", da es sich nicht um ein Modell mit K-Suffix handelt. Das bedeutet natürlich auch, dass Sie nicht zwingend in ein teures Mainboard investieren müssen. Die geringe TDP von nur 65 Watt macht es auch leicht, die CPU zu kühlen. Von den Schwächen seitens der Plattform mal abgesehen, gibt es mit dem Core i5-10400F eine schlanke, sehr effiziente und performante CPU zum Spielen. Leider kam die CPU zu spät, sodass der CPU-Index auf der rechten Seite nur mit dem 10900K sowie 10600K befüllt werden konnte, daher die Daten im Text: Gesamt: 75,4 Prozent, Spiele: 77,6 Prozent, Anwendungen: 46,8 Prozent.

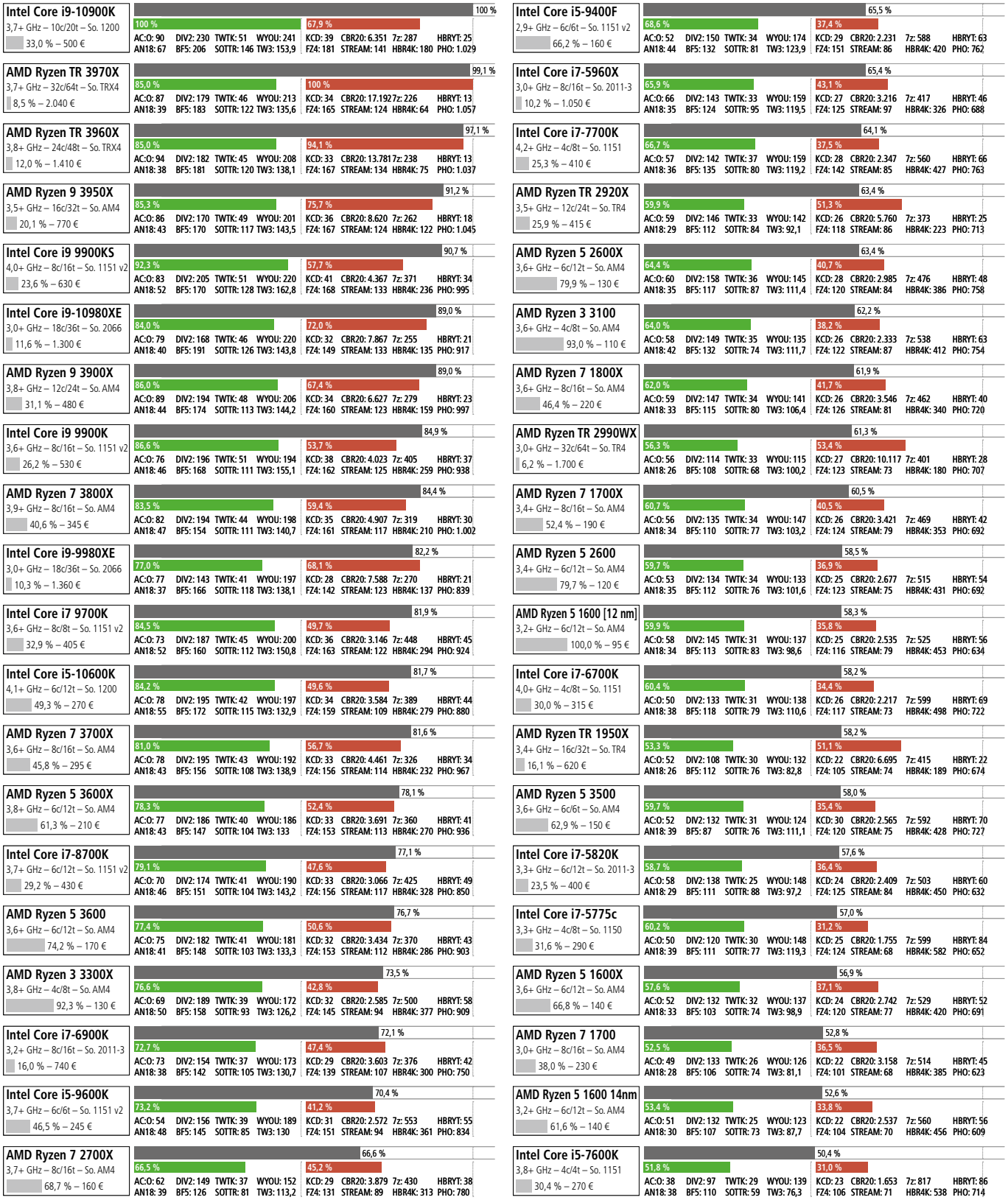
Technische Daten im Überblick

- **CPU-Kerne: 6 Kerne und 12 Threads (SMT)**
- **Taktfrequenz: 2,9 GHz Basistakt, 4,3 GHz Boosttakt**
- **Sockel und TDP: LGA 1200, 65 Watt**
- **Kompatibel mit: B460, H410, H470, Q470, W480, Z490, Boards bieten mehr Features als CPU unterstützt**
- **Besonderheiten: Keine iGPU**

PCGH-Leistungsindex Prozessoren

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

Preis-Leistungs-Verhältnis | Gesamtindex | Spieleindex | Anwendungsindex



Spiele (links): Durchschnitts-Fps in Assassin's Creed Odyssey, Anno 1800, Division 2, Battlefield 5, TW Three Kingdoms, Shadow of the Tomb Raider, Wolfenstein Youngblood, The Witcher 3, Kingdom Come Deliverance und Forza Horizon 4 **Anwendungen** (rechts): 7-Zip v18.03 (Sek), Cinebench R20 (Punktewert), Handbrake 1.10 HEVC4K (Sek), Handbrake 1.10 YT60p (Sek), Photoshop Benchmark und Alltagsbenchmark (Streaming + Recording)

Hauptplatinen

Mainboards nehmen kaum Einfluss auf die Performance eines PCs, sind aber wichtig für Übertakter, bestimmen einen Großteil der Ausstattung sowie alle Erweiterungs- und Anschlussmöglichkeiten.

Verglichen mit Smarpthones, oder Konsolen haben Computer ein enormes Leistungspotenzial, aber das ist nicht ihre definierende Eigenschaft – PCs gibt es auch in lahm. Wichtig für ihre Verbreitung sind viel mehr Kompatiblität und Flexibilität. Es gibt kein Standardmodell, das jahrelang unverändert angeboten und dann komplett ersetzt wird, sondern seit Jahrzehnten mehr oder minder individuell auf Bedürfnisse abgestimmte Maschinen. Und diese können auch mal für einen anderen als den geplanten Zweck genutzt, oder sogar an sich wechselnde Bedürfnisse angepasst werden. Multimedia-Zentrale? Gaming-Monster? Passiv-Office-Lösung? Beim PC gibt es keine scharfen Abgrenzungen, dafür aber die Möglichkeit zwischen Konzepten zu wechseln, ohne die gesamte Hardware auszutauschen.

Die Mutter aller Bretter

Dreh- und Angelpunkt dieser Vielfalt ist das Main- oder Motherboard. Seit dem ersten PC übernimmt diese zentrale Platine die elektrische wie auch mechanische Verbindung nahezu aller Komponenten. CPU, Grafikkarte oder RAM können ohne ein Mainboard gar nichts, einzig Netzteile sind noch ähnlich fein mit dem restlichen System verknüpft. Aber auch sie überlassen dem Mainboard die Spannungsfeinregelung für den Hauptprozessor, die Steuerung der Lüfteranschlüsse und die Stromverteilung für PCI-Express- und USB-Geräte.

Aufgabenvielfalt

Diese Fähigkeiten kann man in drei Gruppen einteilen: In erster Linie stellen Mainboards Schnittstellen bereit. PCI-Express-Slots, um Grafikbeschleuniger und andere Erweiterungskarten nachrüsten zu können, USB- und LAN-Anschlüsse für die externe Anbindung, M.2- und SATA-Ports für Laufwerke und natürlich die Fassungen für CPU und Arbeitsspeicher. Eng damit verwoben ist die zweite funktionale Gruppe, die Onboard-Ausstattung. So findet man Netzwerk-, USB- und Soundanschlüsse auch auf Erweiterungskarten. Günstiger ist es aber, die entsprechenden Controller auf der Hauptplatine zu integrieren. Anzahl und Geschwindigkeit sind dann aber ein Kompromiss aus Kosten und Ansprüchen eines Durchschnittsanwenders. Beim Onboard-Sound kommt noch die Qualität der Umsetzung als Faktor hinzu, womit wir zur dritten Funktionsgruppe überleiten können: Auch die Stromversorgung der CPU ist nicht auf „funktioniert“ und

„funktioniert nicht“ beschränkt, sondern in verschiedenen Abstufungen mit oder ohne Reserven für High-End-CPUs, Übertaktung, heiße Sommer und schlechte Gehäuselüftung verfügbar.

Versprechen & Versprecher

Wer ein Basissystem zusammenstecken möchte, muss sich darüber aber kaum Gedanken machen: Spezifikationen schreiben vor, welche Eigenschaften gegeben sein müssen, um einen bestimmten Nutzen zu versprechen. Wenn RAM mit Standarddtakt und einem bestimmten Latenzprofil laufen soll, dann tut er das in der Regel auch, und zwar mit näherungsweise identischer Performance auf allen spezifizierten Platinen. Auch bei USB, LAN und PCI-Express ist die Situation klar: PCI-Express 4.0 ×16 ist natürlich flotter als 3.0 ×8, aber es ist bei Hersteller A nicht nennenswert schneller oder langsamer als PCI-Express 4.0 ×16 bei Hersteller B.

Nur USB-3.x-Anschlüsen erfordern Aufmerksamkeit, denn deren alte Geschwindigkeitsstufen wurden mehrfach neu spezifiziert. So hießen 5 GBit/s anfangs „USB 3.0“, dann „USB 3.1 Gen1“ und heutzutage meist „USB 3.2 Gen1“. Die „USB 3.1“-Geschwindigkeit von 10 GBit/s wurde ursprünglich als „USB 3.1“, dann „USB 3.1 Gen2“ und schließlich als „USB 3.2 Gen2“ vermarktet. Wer jetzt glaubt, ein System zu erkennen, wird sich freuen, dass 20-GBit/s-USB mit vollem Namen „USB 3.2 Gen2x2“ heißt, weil es doppelt so viele statt doppelt so schnelle Datenleitungen nutzt. Generation 3, genauer „Gen3x2“ kommt erst als „USB4“ (laut Spezifikation ohne Leerzeichen und ohne „.0“), umgekehrt sprach Intel jüngst von „USB 3.2 Gen1x1“ für 5-GBit/s-Ports. Der Dank für dieses intuitive Namenssystem gebührt dem USB-Implementors-Forum, also beispielsweise Apple, Intel, HP oder Microsoft. Beim Mainboard-Kauf gilt aber: Hat man die Bezeichnung erst einmal entschlüsselt hat, verrät sie einem die zu erwartende Leistung, genauso wie man es von USB 2.0, SATA oder PCI-Express kennt.

Komplexer wird die Lage im CPU-Umfeld. Auch hier gibt es Kompatibilitätslisten, allerdings decken diese nicht alle Szenarien ab und insbesondere nachträgliche Erweiterungen sind oft grenzwertig. So steht selbst bei sehr billigen A320-Mainboards der teure Ryzen 9 3950X in der Liste der unterstützten CPUs. Dabei ist dieser zwei Jahre jünger und lässt selbst die Spannungswandler einiger Mittelklasse-Mainboards überhitzen, wenn man ihn dauerhaft voll auslastet. Alltags-untypische Dauervolllast ist aber nicht Teil der Spezifikation. Solange nur die Leistung wegen Taktabsenkungen leidet und keine Schäden entstehen, ist den Versprechen Genüge getan.

Aber keine Sorge: Man muss schon sehr billige Platinen wählen, um diesen Problemen unprovoziert zu begegnen. So haben wir zwar bei einigen günstigen B450-Modellen in Kombination mit einem zeitgenössischen Ryzen 7 1800X/2700X sehr hohe Spannungswandlertemperaturen beobachtet. Aber kritisch wurden sie erst nach der Aufrüstung auf das Topdmodell der Nachfolgegeneration oder in Kombination mit einem High-End-Silent-Luft- oder einer Kompaktwasserkühlung. Diese halten die CPU kühl und ermöglichen so erhöhte Boost-Taktraten, aber sie erzeugen nicht den von Mainboard-Herstellern bei Volllast erwarteten, starken Luftstrom im Sockel-Umfeld. Für gut konstruierte, von uns empfohlene, sowie allgemein für Oberklasse-Mainboards ist natürlich auch dieses Szenario kein Problem.

Wer aber übertakten möchte, die Spezifikationen also deutlich weiter hinter sich lässt, der kann nicht mehr anhand von Hersteller-Angaben ein pauschales „geht“-/„geht nicht“-Urteil fällen, sondern bewegt sich in einem graduellen Bereich, in dem ein schwer zu definierender Mehraufwand benötigt wird. „Schwer definierbar“ funktioniert dabei in beide Richtungen: Alle Hersteller bewerben High-End-Designs mit tollen Spannungswandlern. Höflich verschwiegen wird dabei, dass oft schon die 200 bis 400 Euro günstigere Oberklasse aus gleichem Hause soviel Reserven bietet, dass diese sich mit einer Luftkühlung gar nicht und mit einer Wasserkühlung kaum ausreizen lassen. High-End-Spannungswandler, die 2.000 W CPU-Energieumsatz statt 500-W-Oberklasse-Niveau stemmen können, sind eben ohne Vorteil, wenn man eine 105-W-TDP-CPU auf eine Leistungsaufnahme von 200 W übertakten möchte.

Merkmal #1: Der I/O-Hub

Zurück aber zur zählbaren Ausstattung. Welche Anschlüsse tatsächlich und in welcher Anzahl benötigt, werden, kann sich jeder ohne technisches Detailwissen selbst überlegen und dann nach einem Mainboard mit passender Ausstattung suchen. Die grundsätzlichen Möglichkeiten der Hersteller sind aber über die sogenannte Plattform, bestehend aus CPU, Sockel-Format und I/O-Hub definiert. Letzterer heißt bei Intel auch PCH und ist der Nachfahre früherer Chipsätze, vereint also die Funktionen einer Sammlung von Onboard-Controllern in einem einzigen Chip. Je nach Preisklasse und Sockel werden die meisten oder alle SATA- und USB-Ports sowieso der PCI-Express-Verbindungen vom I/O-Hub bereitgestellt. Hiervon ausgenommen sind lediglich die für Grafikkarten vorgeshenen PCI-E-×16- und -×8-Slots: Deren Controller sitzen aus Performance-Gründen direkt in der CPU.

Die I/O-Hubs dagegen sind ihrerseits nur über PCI-Express ×4 mit dem Hauptprozessor verbunden (Ausnahme: TRX4 mit ×8). Sie können also viele Geräte in das System einbringen, aber kein einziges davon mit einer höheren Geschwindigkeit. Da in typischen Desktop-PCs nur GPUs einen solchen Datendurchsatz erreichen und andere Geräte entweder deutlich langsamer sind oder abwechselnd genutzt werden, ist dieser Flaschenhals auch kein Problem: Man kann abwechselnd mit voller Geschwindigkeit erst auf die eine und dann auf die andere M.2-SSD zugreifen, oder parallel von einem SATA-Gerät ins Netzwerk kopieren und die Soundkarte ansteuern. Da reale Anwendungen, im Gegensatz zu Benchmarks, oft nur für Sekundenbruchteile die volle Leistung eines Gerätes nutzen, klappt in der Praxis sogar der quasi-simultane Einsatz fast aller Geräte.

Der Rest der Plattform

Von dieser Regel ist neben Grafikkarten auch der RAM ausgenommen, weswegen Arbeitsspeicher-Controller ebenfalls Teil des Hauptprozessors sind. Das bedeutet, dass Speicherangaben von Mainboard-Herstellern nur Richtwerte sind. Zwar trägt das Mainboard mit der Qualität seiner Leiterbahnen zur Stabilität hoher DDR-Taktraten bei, aber wenn der Controller in der CPU nur die garantierten, niedrigen Frequenzen schafft, dann ist auch die beste Hauptplatine machtlos.

Aus dieser Aufgabenteilung resultieren auch die erwähnten Plattformen: Der I/O-Hub und der Sockel beziehungsweise die dazu passenden Prozessoren definieren die Möglichkeiten eines Mainboards und werden am Stück vermarktet, selbst wenn die Technik flexibler ist. So unterscheiden sich die I/O-Hubs AMD X399 und X470 oder Intel Z390 und Z490 nur im Namen und dem assoziierten Sockel voneinander, nicht aber im Silizium.

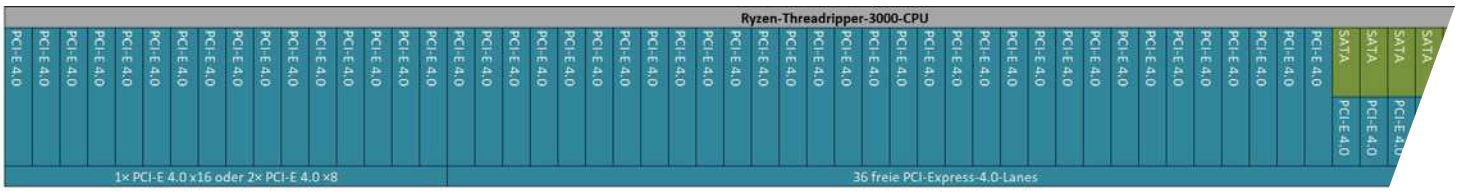
Plattformübersicht

Eine Übersicht aller aktuellen Varianten sehen sie auf der nächsten Seite: Aufgeführt sind alle Ports, die mindestens 5 GBit/s schaffen, also PCI-Express 2.0 und USB 3.0 oder schneller. Darüber steht, welcher Prozessor oder I/O-Hub diese Fähigkeiten bereitstellt, darunter wie sie in einer typsichen Basiskonfiguration verwendet werden können. Einige Ports sind nämlich flexibel; hier entscheidet der Mainboard-Hersteller durch die Leiterbahnführung, welche von zwei Funktionen praktisch nutzbar ist. Für unser Beispiel in der untersten Zeile jeder Sockel-I/O-Hub-Kombination, also jedes Balkens, berücksichtigen wir eine Grafikkarte, eine M.2-NVME-SSD, LAN und die typische Minimalausstattung der jeweiligen Plattform mit SATA- und USB-Ports, einschließlich etwaiger Zustazcontroller (orange). Darüber hinaus verbleiben mehr oder weniger viele „freie“ PCI-Express-Lanes. Auf Billig-Mainboards bleiben diese tatsächlich ungenutzt, meist werden sie aber in weitere Onboard-Controller oder in Erweiterungsslots investiert, wobei erstere ein Ausstattungsplus ab Werk und letzte mehr Nachrüstflexibilität bedeuten.

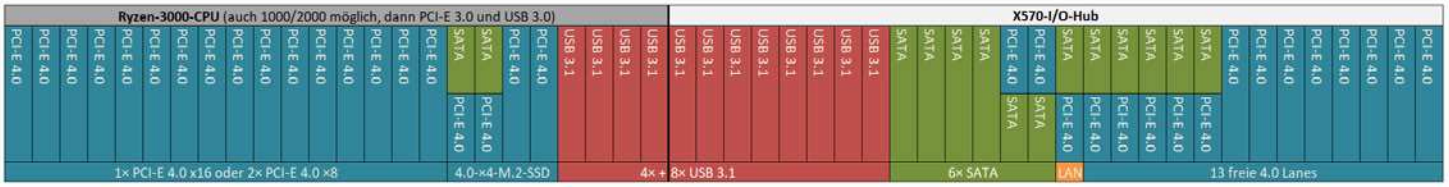
Rüstungs-Ressourcen

Diese Nachrüstmöglichkeiten sind, wie bereits erwähnt, eine Stärke des PCs. Sie erlauben nicht nur die Anpassung des Systems an sich eine veränderte Nutzung, wenn beispielsweise der ex-Gaming-PC ein zweites Leben als Multimedia-Server mit RAID-5-Controller findet oder die Korrektur von Kauffehlern, wenn der Office-PC doch ein paar mehr USB-Ports braucht. Viel wichtiger ist die Möglichkeit, selbst Schnittstellen kombinieren zu können, die der Handel nicht im Paket anbietet. Die Audio-Qualität einer 50 Euro Soundkarte bieten Onboard-Lösungen zum Beispiel meist erst auf 500-Euro-Mainboards – das lohnt sich nur, wenn man

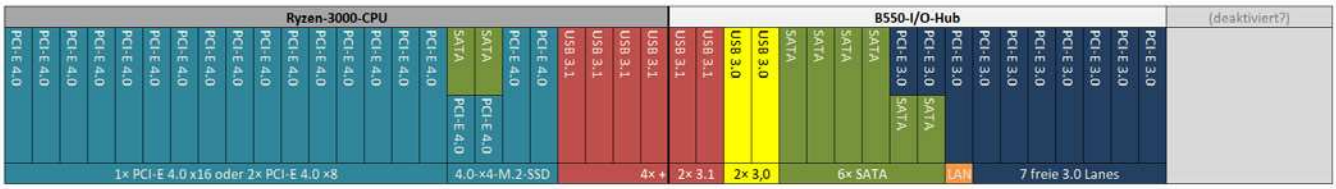
AMD TRX4



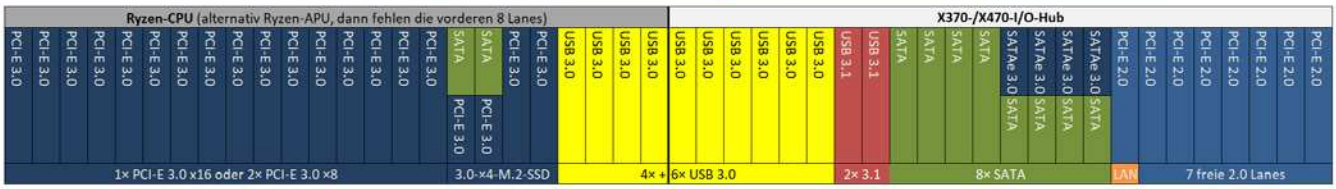
AMD AM4



AMD AM4

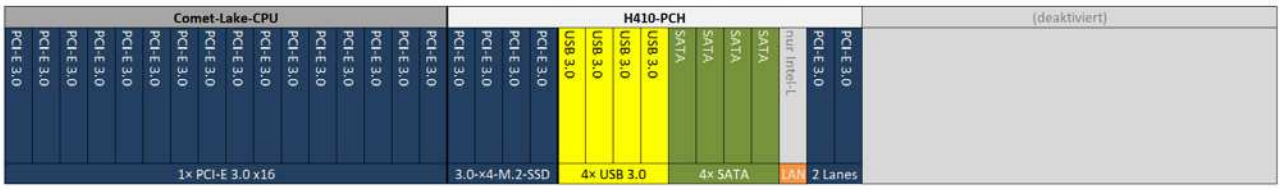


AMD AM4

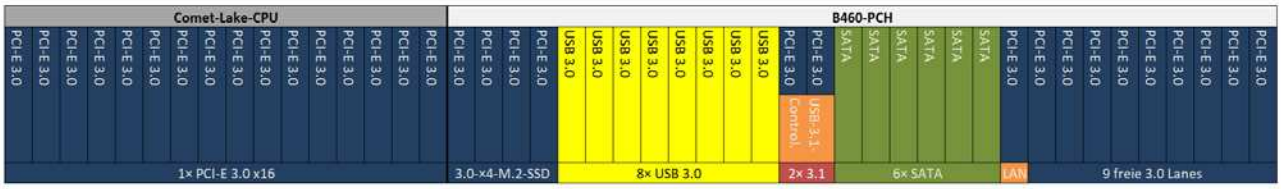


AMD AM4

Intel 1200



Intel 1200



Intel 1200

Intel 1200

Intel 2066

deren weitere Ausstattung sowieso haben wollte, sonst kauft man lieber die Karte einzeln (oder sogar eine bessere) und steckt sie in eine Mittelklasse-Platine. Schlicht unmöglich ist gar der Kauf zukünftiger Schnittstellen als Onboard-Lösung: Thunderbolt 4 oder USB4 gibt es heute eben noch nicht.

Lebensdauer

Aber aktuelle Oberklasse-CPUs lassen sich problemlos fünf Jahre nutzen; selbst in der Performance-hungrigen PCGH-X-Community arbeiten vereinzelt noch 10 Jahre alte Gaming-Systeme, vom zweiten Leben als Office-Knecht ganz zu schweigen. Ein heute gekauftes Mainboard hat also gute Chancen, 2030 noch im Einsatz zu sein und dann sind neue Anschlüsse gefordert. Eine zwischenzeitlich erschienene Schnittstellenkarte ist hier die Lösung – wenn das Mainboard einen freien PCI-Express-Slot übrig hat. In der Vergangenheit waren vor allem vom I/O-Hub bereitgestellte ×4-Slots wichtig. Diese sind schneller als die Standard-Schnittstellen ihrer Zeit, also schnell genug für die Nachfolgegeneration, und ihre Nutzung beeinträchtigt die GPU-Anbindung nicht.

PCI-Express-Sharing

×8-Slots werdem dagegen, mangels CPU-Ressourcen, oft über PCI-Express-Sharing realisiert: Die Datenleitungen eines ×16-Links münden wahlweise alle in den ersten mechanischen ×16-Slot oder sie werden in zwei ×8-Links für den ersten und zweiten aufgeteilt. ×16-Karten arbeiten darin immer noch, aber sind natürlich langsamer angebunden. Das möchte man der GPU ungern antun, auch wenn die Leistungsverluste meist klein sind. Änliche Mechanismen finden sich auch bei kleineren Steckplätzen und Anschlüssen – nur dass ein ×1-Slot oder ein SATA-Kanal nicht „die Hälfte", sondern alle Lanes abgibt. Lesen sie Mainboard-Spezifikationen also sorgfältig oder werfen sie einen Blick in unsere Tests: Platinen, die mehr versprechen als unsere vorrangehende Übersicht der jeweiligen Plattform zuspricht, weisen meist in Fußnoten darauf-hin, dass die Nutzung einer Funktion eine andere deaktiviert. Das ist immer noch ein Mehrwert, denn beispielsweise ein separater SATA-Controller würde einen ×1-Slot genauso blockieren und zusätzlich Geld kosten. Aber wenn man genau diese beide Funktionen gleichzeitig nutzen wollte, war die Platine ein Fehlkauf.

Schnittstellen

Aber wieviel Ressourcen beansprucht eigentlich welche Schnittstelle? Und wie wichtig sind sie? Ein Überblick:

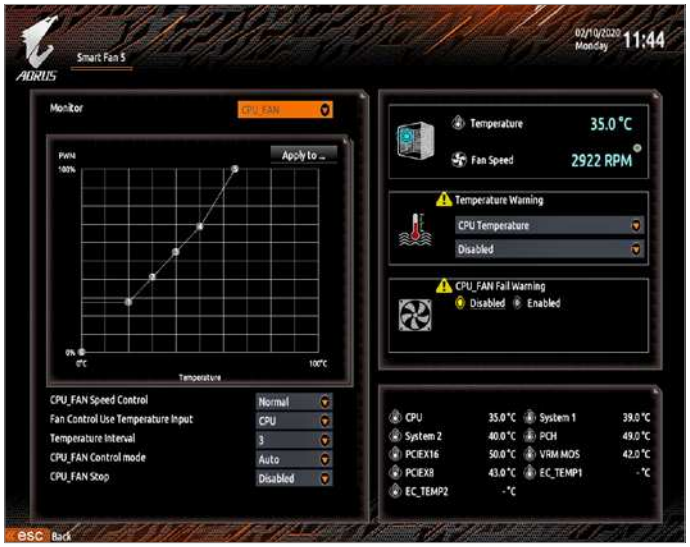
USB 2.0: Anspruchslos & weit verbreitet. Das altmodische USB 2.0 wird immer von eigenständigen Einheiten bereitgestellt und ist damit eine willkommene Entlastung für schnellere Ports, denn 0,48 GBit/s sind für Maus, Tastatur & Co weiterhin mehr als genug. Insgesamt empfehlen wir mindestens sechs, besser acht USB-Ports hinten und zwei vorne von denen ruhig die Hälfte 2.0er sein dürfen.

USB 3.X: Für schnelle Peripherie. Deutlich schneller arbeiten USB 3.0, 3.1 sowie 3.2 und immer mehr externe Geräte, die große Datenmengen austauschen, setzen darauf. Zwei 3.0-Ports sind daher Pflicht für einen PC, zwei weitere 3.1 praktisch Standard. Alles darüber hinaus lohnt sich nur bei intensiver Nutzung externer Speichermedien. Da jeder Nutzer andere Vorlieben zur Verteilung vorn/hinten hat, kann etwas „Overprovisioning" allerdings nicht schaden. Vorsicht aber: Der gleichzeitig eingeführte Typ-C-USB-Stecker sagt nichts über die Geschwindigkeit aus. Er lässt sich sogar als reine Ladebuchse oder als Monitorausgang nutzen, in Billig-Smartphones wir er als robuste Alterantive zu Micro-USB 2.0 verbaut. Umgekehrt kann USB 3.1 problemlos über den altbekannten, großen Typ-A-Stecker laufen – nur USB 3.2 braucht für die „Gen2x2"-Datenleitungen zwingend die zusätzlichen Typ-C-Kontakte. Für alle drei Ausbaustufen gilt: Zusatz-Controller nutzen normalerweise zwei PCI-Express-3.0-Lanes (2× 10 GBit/s)

Keine Enthusiast-Empfehlung?

Wie in der Übersicht links dargestellt, bieten AMD und Intel neben ihrem Mainstream-Aufgebot auch noch besonders luxuriöse Alternativen in Form der Sockel 2066 und TRX4. Aus Sicht eines durchschnittlichen Anwenders, insbesondere aus Sicht eines Spielers, müssen wir aber von beiden abraten: Die LGA2066-Plattform hat seit ihrer Markteinführung 2017 kaum mehr als kosmetische Refreshes erhalten und kann das Alter ihrer Technik kaum verbergen. Der Core i9-10980XE als beste CPU ist sowohl in Spielen als auch in Anwendungen langsamer als ein Ryzen 9 3950X für den Sockel AM4, kostet aber (wenn er überhaupt einmal lieferbar ist) deutlich mehr und verbraucht mehr Strom. Entsprechende Wandler sowie diverse Zusatz-Controller als Ausgleich für das knappe Feature-Set des X299-I/O-Hubs machen auch die Mainboards zu einem teureren Vergnügen. Auf der Habenseite stehen lediglich die weitreichenden Speicher-Ausbaumöglichkeiten dank Quad-Channel sowie ein Übermaß an PCI-Express-3.0-Lanes – beides ist aber nur in sehr speziellen Szenarien von Vorteil, weswegen eine allgemeine Empfehlung nicht möglich ist. Dieses Muster wiederholt sich bei AMDs Threadripper-Plattform: Zwar sind der Sockel TRX4 und der zugehörige TRX40-I/O-Hub kaum ein halbes Jahr alt und bieten im Prinzip die Rechenleistung und Schnittstellen mehrerer AM4-Ryzen-Prozessoren. Da aber schon ein Ryzen 9 3950X in aktuellen Spielen seine vielen Kerne/Threads nicht ausspielen kann, können die doppelt bis viermal so gut bestückten Threadripper auch kein Leistungsplus generieren, sondern stolpern im Gegenteil über den Verwaltungsaufwand ihrer vielen Ressourcen. Man zahlt mindestens (!) 1.400 Euro für eine in Spielen langsamere CPU. Und obwohl es in produktiven Programmen besser aussieht: Selbst in dieser Rubrik erzielt das 4.000-Euro-Flaggschiff nicht einmal 30 Prozent Vorsprung auf den Ryzen 9 3950X. Dafür geht die enorme Rechenleistung mit hohen Anforderungen an Kühlung und Spannungsversorgung einher, was nicht nur weitere Mehrkosten verursacht (eine Wasserkühlung ist praktisch Pflicht, Mainboards kosten 400 bis 1.000 Euro), sondern auch Platzprobleme. So nehmen TRX4-(E-)ATX-Systeme trotz extrem vieler PCI-Express-4.0-Lanes in der Praxis teilweise weniger Erweiterungskarten auf als ihre günstigen AM4-Geschwister, einfach weil Prozessor, Spannungswandler und Quad-Channel-RAM-Interface so viel Platinenfläche beanspruchen. Man kann den Sockel TRX4 also als gelungene Entry-Level-Server- und Workstation-Plattform bezeichnen, aber für Privat-PCs wäre er selbst bei unbegrenztem Budget nicht die allgemein empfehlenswertere Alternative.

Um Überhitzung auszuschließen, tragen nahezu alle X570-Platinen Lüfter. Abdeckungen, die oft den Zugang zu M.2-Slots erschweren, sind ebenfalls verbreitet.



Mainboards bestehen nicht nur aus Hard-, sondern auch aus Firmware. Vor allem die Onboard-Lüftersteuerung ist nicht bei jedem Hersteller gleich mächtig.

Wandel der Zeit: SATA stirbt aus, M.2-Slots werden immer zahlreicher – erfordern aber jeder für sich vier mal so viele Ressourcen, wenn man das Potenzial ausreizt.

und stellen meist zwei USB-Ports bereits, wobei diese im Falle von 3.2 nicht gleichzeitig mit voller Geschwindigkeit arbeiten können. Nativ integriert wird bislang maximal USB 3.1. Aufgrund der Anforderungen an die Signalqualität sind entsprechende Ressourcen aber nicht immer mit voller Geschwindigkeit nach außen geführt, sondern teils auf 3.0-"Highspeed" eingebremst.

PCI, PS/2, COM, LPT: Legacy-Formate. Ohne Bedeutung für die Zukunft sind Schnittstellen aus den 90ern. Wer diese noch benötigt, ist meist mit Adaptern auf USB besser gestellt als mit der Suche nach einem Exoten-Board. Nativ gibt es die alten Anschlüsse fast nur noch im Billigst-Segment – leider, denn Ressourcen kosten sie praktisch keine.

SATA 6 GBit/s: Aussterbender Dino. Auch 2,5-Zoll-SATA-SSDs und 3,5-Zoll-SATA-HDDs werden durch immer günstigere M.2-SSDs und immer größere Einzelkapazitäten seltener, optische Laufwerke sind in vielen Gehäusen gar nicht mehr vorgesehen. Entsprechend geht der Trend von sechs zu vier SATA-Ports, genutzt werden oft nicht mal zwei.

M.2: Vielseitig, aber verwirrend. „M.2" beschreibt eigentlich nur die Steckplatz-Form, den Rest entscheidet die Kodierung. So stellen „e-Key"-M.2-Slots eine PCI-Exrpess-Lane für WLAN-Module bereit, mechanisch inkompatible „m-Key" dagegen bis zu vier für NVME-SSDs. Aber es gibt auch SATA-M.2-Module und -Slots – also Vorsicht, denn diese bieten außer dem Format keine Vorteile gegenüber herkömmlichen Laufwerken. „Echte" M.2-SSDs wiederum sind eigentlich normale PCI-Express-Geräte, die als Karte (oder mit günstigen Adaptern) auch in einem PCI-Express-Slot Platz nehmen könnten. Im professionellen Bereich existiert zusätzlich das U.2-Format mit kabelgebundenen 2,5-Zoll-Laufwerken; auch dieses lässt sich beliebig nach M.2 oder PCI-E und zurück adaptieren. Die SSDs selbst arbeiten je nach Modell mit vier, seltener zwei, Lanes und 4.0- oder 3.0-, in der Vergangenheit auch 2.0-Geschwindigkeit. Wichtig: Bei allen PCI-Express-Formaten besteht zwar Abwärtskompatibilität, aber die Geschwindigkeit wird durch den kleinsten gemeinsamen Nenner definiert. Eine 3.0-×2-SSD in einem 2.0-×4-M.2-Slot arbeitet also mit langsamen 2.0 ×2. Üblich ist aktuell das 3.0-×4-Format, entsprechende Laufwerke werden dank der gefallen Preise in fast allen neuen Gaming-PCs verbaut. 4.0-Geschwindigkeit bringt dem gegenüber bis auf Weiteres keine Praxisvorteile und ist nur eine optionale Absicherung für die Zukunft. Wir empfehlen aber ab einer gewissen Preisklasse einen zweiten M.2 mit 3.0-×2, besser 3.0-×4, damit bei Speichermangel ein zweites Laufwerk nachgerüstet und das alte weiter genutzt werden kann.

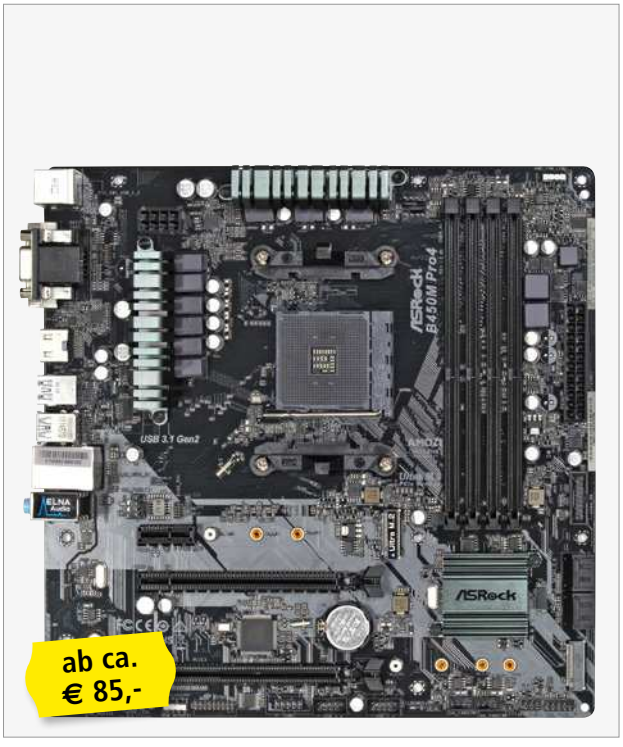
PCI-Express: Die Basis für fast alles. Schon mehrfach erwähnt ist PCI-Express *die* Schnittstelle in aktuellen PCs: GPUs? PCI-E. M.2? PCI-E. Sound- und quasi alle anderen Karten? PCI-E. Onboard-Controller für LAN, USB, WLAN? PCI-E, PCI-E, PCI-E. Aufgebaut wird jeder PCI-E-Link aus einzelnen Lanes, die jeweils unabhängig den Datenaustausch vom Host zum Client und umgekehrt ermöglichen. Wie bereits erwähnt, lassen sich Lanes aber im Rahmen von Sharing an alternative Endnutzer umleiten – eine Entscheidung, die beim Hochfahren des Rechners getroffen wird, sodass im laufenden System jeweils nur einer der Clients sichtbar ist. Da High-End-Zusatzcontroller und M.2-SSDs Links mit vier Lanes bevorzugen, GPUs gar ×16, und auch zusätzliche USB-Ports schnell eine ganze Reihe dieser Schnittstellen verbrauchen, limitieren die PCI-Express-Ressourcen oft die Erweiterbarkeit eines Systems. Wir empfehlen nach Möglichkeit, trotzdem einen freien ×4- und einen ×1-Slot für künftige Aufrüstungen einzuplanen. Im Zweifelsfall lässt sich so ein ×4-Steckplatz auch leichter zu einem zusätzlichen M.2-Port umfunktionieren als umgekehrt. Beachten Sie aber den Unterschied zwischen mechanischem Format der Steckplätze (bei Heimanwenderprodukten fast immer ×1 oder ×16) und der, bei Berücksichtigung von Sharing mit gewünschten anderen Eigenschaften, tatsächlich verfügbaren Link-Breite (×0/×1/×2/×4/×8/×16). Bei der Geschwindigkeit je Lane gilt aktuell noch: Endgeräte, die von 4.0 in der Praxis spürbar profitieren, erwarten wir erst mit der nächsten oder übernächsten Generation. 2.0 ist dagegen veraltet, aber für viele genügsame Anwendungen (zum Beispiel Sound, LAN bis 5 GBit, USB-3.0-Erweiterungen) in Zukunft genauso angemessen, wie zur Einführung vor über einem Jahrzehnt. *(tv)*

Mainboards für Sockel AM4 (AMD Ryzen)

Asrock B450M Pro4

Nahezu jede Empfehlung von AMD-Ryzen-CPUs betont deren gutes Preis-Leistungsverhältnis. Für ein insgesamt günstiges System braucht man aber auch noch ein passendes Mainboard.

Was braucht ein Spieler beziehungsweise seine Hauptplatine? Eine Grafikkarte, also einen PCI-E-×16-Slot, einen M.2-Steckplatz für eine schnelle SSD, SATA-Anschlüsse für das Archiv (bei diesem Board: vier), genug und ausreichend flotte USB-Ports (hier: 8 Stück insgesamt, davon zwei USB 3.1 und vier USB 3.0), einen guten Onboard-Sound und Übertaktungsmöglichkeiten respektive gute Spannungswandler. Bei den letzten beiden Punkten patzt Asrocks B450M Pro4 etwas. Wir messen 87 °C bei voller Belastung mit einem Ryzen 9 3950X und 20 °C Umgebungstemperatur – da muss man im Sommer schon auf eine gute Gehäusebelüftung achten. Und die Audio-Lösung auf Stand des vorletzten Jahrzehnts weist selbst mit Mittelklasse-Kopfhörern wahrnehmbare Defizite auf. Aber: Man kann Töne auch digital über den HDMI-Anschluss der Grafikkarte nach draußen befördern oder eine getrennte Sound-Lösung erwerben. Finanziell ist das beim B450M Pro4 keine große Belastung – wer zusätzlich zum 85-Euro-Asrock-Preis noch einmal 30 Euro investiert, genießt eine Audioqualität auf dem Niveau von 200-Euro-Mainboards. Trotz des Micro-ATX-Formats ist man dabei nicht auf externe USB-Lösungen beschränkt; ins sehr gelungene Layout der B450M Pro4 passt zusätzlich zur Grafik- immer auch eine ×1-Karte; wenn der Grafikbeschleuniger keinen Triple-Slot-Kühler trägt außerdem auch eine (2.0-)×4-Erweiterung. Dass die Spannungswandler eine 800-Euro-CPU nur knapp versorgen können, halten wir in dieser Preisklasse ebenfalls für vertretbar. Nutzt man einen preislich angemessenen Ryzen 3 oder Ryzen 5, ist auch Übertaktung problemlos möglich. Damit bleiben als Kritikpunkte die Beschränkung des Grafikkarten-Slots und ersten M.2 auf PCI-Express 3.0, des ×4 auf 2.0 und des zweiten M.2-Slots auf SATA (shared mit einem normalen Port) sowie fehlendes Front-USB 3.1. Aber das geht mit dem B450 und allgemein in dieser Preisklasse nicht besser.



MSI X570 Gaming Edge WiFi

X570-Mainboards sind allgemein eher teuer. Aber wer bereit ist, wenigstens 200 Euro bei MSI anzulegen, dürfte für die nächsten Jahre gut versorgt sein.

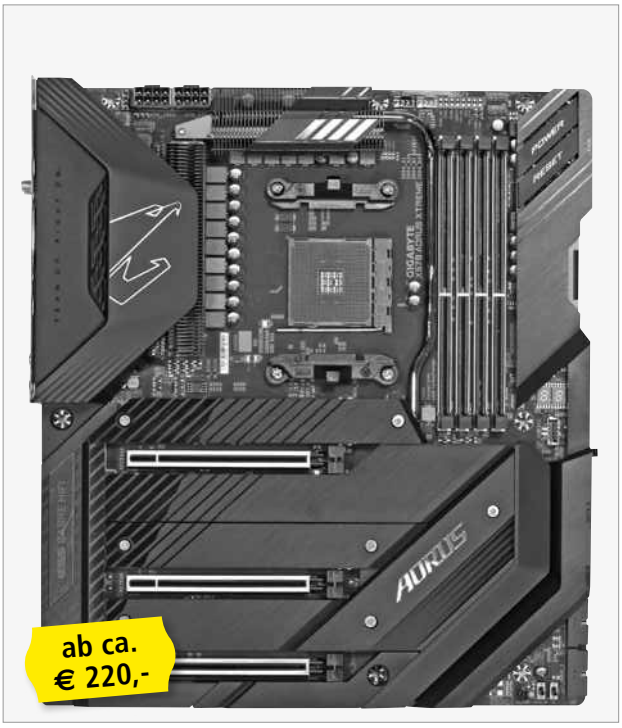
PCI-Express 4.0 stellt hohe Anforderungen an Platinen und Bauteile, die neuen Ryzen-3000-CPUs an die Spannungswandler. Kommt noch der teure X570-I/O-Hub hinzu, haben Mainboard-Hersteller also einen ordentlichen Satz an Fixkosten. Wird eine X570-Platine dennoch in den 150-Euro-Preisbereich gepresst, merkt man das: Der Onboard-Sound bewegt sich meist auf Einsteiger-Niveau, für das man sonst zweistellige Summen zahlt, die Spannungswandler sind teilweise nicht für Ryzen 9 3900X & Co. dimensioniert oder Schnittstellen so stark beschnitten, dass man sich fragt, ob der X570 eigentlich noch irgendeinen weiteren Nutzen außer die PCI-Express-4.0-Freigabe bietet. Nicht so beim X570 Gaming Edge WiFi: Ab 200 Euro bekommt man hier den aktuellen Oberklasse-Audio-Codec ALC1220, wenn auch nur in Reinform ohne externen DAC oder zusätzlichen Verstärker, es gibt viermal USB 3.1 (wenn auch nicht als Front-Header) und WLAN. Die ×1-Erweiterungsslots sowie der zweite M.2 unterstützen zwar „nur" PCI-Express-3.0-Geschwindigkeit und außerdem ist der oberste der drei ×1 wegen Sharing praktisch nutzlos. Mit den verbleibenden (4.0-)Steckplätzen ist die Erweiterbarkeit aber dennoch sehr gut und steht der größerer X570-Modelle kaum nach. Einzig bei den Spannungswandlern wird deutlich, dass man am günstigen Ende des Portfolios unterwegs ist. Die von einigen Online-Kollegen provozierten Temperatur-Horrorszenarien können wir allerdings nicht bestätigen – 81 °C sind nicht gut, aber okay. Nur wer einen Ryzen 9 übertaktet, muss mit hohen Temperaturen rechnen, selbst wenn er auf gute Gehäuselüftung setzt. Dafür gehört MSIs Lüftersteuerung zu den besten Lösungen am Markt und das nicht nur bezüglich extern angeschlossener Ventilatoren: Als eines der wenigen X570-Mainboards betreibt das Gaming Edge seinen Onboard-Lüfter ab Werk so konsequent semi-passiv, dass er während unserer Tests nicht ein einziges Mal anlief.

Mainboards für Sockel AM4 (AMD Ryzen)

Gigabyte X570 Aorus Elite

Ein 160-Euro-Mainboard mit den Wandlern eines 280-Euro-Designs für 230 Euro: Gigabytes Versuch eines günstigen X570-Mainboards ist nicht ausgewogen, aber gerade deswegen interessant.

Trotz steigender Preise ist Gigabyte aus Sicht von Übertaktern immer noch *die* Alternative zu MSI, denn das Haupt-Verkaufsargument des X570 Elite sind seine Spannungswandler: Sechs gedoppelte und reichlich bestückte Phasen für die CPU-Kerne bringen zwar nicht automatisch bessere Übertaktungsergebnisse, aber Reserven. Wir messen gerade einmal 54 °C im Volllasttest mit dem Ryzen 9 3950X. Das ist selbst eine weitere Klasse höher noch keine Selbstverständlichkeit und tatsächlich bekommt man beim Einsatz von Luftkühlern eher Probleme mit der CPU-Temperatur – die Gigabyte im Test leider wenig souverän mit Abstürzen statt Taktsenkungen handhabt, sobald XMP aktiv ist. Da man über 95 °C CPU-Temperatur ohnehin meiden sollte, stören andere Defizite des Aorus Elite aber stärker: Um den Preis zu halten, verbaut Gigabyte nur drei USB-3.1-Ports (einen davon aber als Front-Header), lässt drei PCI-Express-/SATA-Ports des X570 ungenutzt und der „ALC1200"-Onboard-Sound ist kein ALC1220-Verwandter, sondern ein über ein Jahrzehnt altes Produkt aus der ALC89x-Familie. Damals war er High-End und der Klang ist auch heute vertretbar, aber auf Niveau von 130- denn 230-Euro-Platinen. Der Onboard-Lüfter dagegen bleibt mit 0,1 Sone akustisch unauffällig. In Anbetracht von bis zu 72 °C laut I/O-Hub-eigenem Sensor gehört das Aorus Elite aber zu den wenigen X570-Platinen, bei denen wir von voll-passiv-Experimenten abraten müssen.



MSI X570 Unify

Fords T-Modell gab es in „allen Farben, solange sie schwarz sind" und auch unser Tabellenspitzenreiter von MSI ist optisch bieder – warum nicht, wenn man mit Technik beeindrucken kann?

Es mutet merkwürdig an, wenn Verzicht als Feature gepriesen wird, aber genau das macht MSI beim X570 Unify: „Keine RGB-Beleuchtung" ist ein wichtiges (und von PCGH-Lesern tatsächlich oft nachgefragtes) Verkaufsargument. Dabei gab es das gleiche Grundlayout auch als X570 Ace, dessen LEDs (wie bei allen aktuellen Boards) abschaltbar sind. Das sollte doch reichen, oder? Nicht ganz, denn tatsächlich ist das Unify nicht nur 30 Euro günstiger, sondern laut PCGH-Test die bessere Platine: Seine größeren, nicht mehr von Plastikzierrat verdeckten Kühler halten die Spannungswandler auf sehr guten 46 °C statt guten 55 °C und außerdem verzichten sie auf eine Heatpipe zum I/O-Hub-Kühler. Was ebenfalls wie ein Nachteil klingt, ist ein Vorteil, denn so kann bei hoher CPU-Last keine Wärme in die untere Boardhälfte abfließen und der dort zur Sicherheit platzierte Lüfter bleibt in unseren Tests durchgängig abgeschaltet. Aber für 300 Euro bietet das Unify natürlich mehr als die perfekte Synthese aus Gaming-Edge- und Aorus-Elite-Kühlung beziehungsweise Stromversorgung. Wie es sich für ein echtes High-End-Board gehört, gibt es reichlich USB 3.1 (vier hinten, einer vorn), WiFi, Kabel-LAN mit 2,5 Gigabit/s, einen Sabre-DAC, der die nicht ganz so „high-endige" Analog-Sektion des ALC1220 ersetzt, sowie drei 4.0-×4-M.2 (sharingfrei) und einen 4.0-×4-Slot on top. PCI-Express 4.0 für bis zu zwei Grafikkarten (×16/×0 oder ×8/×8) versteht sich von selbst.

Neue Sockel-AM4-I/O-Hubs und Intel Sockel 1200

AMD B550: Neue Mittelklasse

Vermutlich ist Ihnen die große Lücke zwischen dem Asrock B450M Pro4 und dem MSI X570 Gaming Edge aufgefallen. Tatsächlich gibt es in der AM4-Mittelklasse seit Sommer 2019 ein Problem: AMD stellte zusammen mit den Ryzen-3000-CPUs den luxuriösen X570 neu vor – und sonst nichts. Zwischen dem für Einsteiger-Produkte bis maximal 130 Euro angemessenen B450 und dem erst ab 200 Euro ohne Abstriche erhältlichen Topmodell verblieb nur der X470, der gegenüber dem B450 aber lediglich zusätzliche SATA-, USB-3.0- und PCI-Express-2.0-Ressourcen bietet. Einige stark im Preis gefallene ehemalige X470-Oberklasse-Designs waren zwar zwischenzeitlich empfehlenswert, da sie gegenüber den B450-Modellen oft bessere Spannungswandler, vor allem aber einen besseren Onboard-Sound bieten. Asus' Prime X470-Pro trägt sogar einen zweiten M.2-Slot mit PCI-Express 3.0 ×2. Der Abverkauf dieser Produkte ist aber mittlerweile abgeschlossen, sodass wir keine klaren Empfehlungen mehr aussprechen können.

Den B550, der dank deutlich verbesserter nativer PCI-Express-3.0-Unterstützung sowie Freigabe für die Nutzung der 4.0-Fähigkeiten von Ryzen-3000-CPUs sehr attraktiv ausgestattete Mainboards verspricht, hat AMD dagegen erst diesen Sommer präsentiert. Bis Redaktionsschluss dieses Sonderheftes waren Tests und der Verkauf aber noch nicht freigegeben. Ohne die letztendlichen Marktpreise zu kennen, können wir aber nicht einmal potenziell interessante Platinen nennen und ohne ausführliche Tests keine konkreten Empfehlungen geben. Ein Vergleich, der all dies nachholt, ist für die PCGH 09/2020 (Release: Anfang August) geplant.

Intel LGA1200 (Comet Lake)

Auch eine zweite Abwesenheit ist durch die Veröffentlichungspolitik der Hersteller beziehungsweise unseren Redaktionsschluss begründet. Eine Sockel-1200-CPU-Dauerleihstellung von Intel für Mainboard-Tests erreichte uns erst am Tag der Abgabe dieses Artikels – zu spät, um mehreren Platinen sorgfältig auf den Zahn zu fühlen. Zuvor hatten wir nur befristeten Zugriff, der für einen reinen Prozessor-Test reichte. Wir werden den Sockel-1200-Test aber in der PCGH 08/2020 (Release: Anfang Juli) nachholen.

Bis dahin ist zumindest eine Bewertung der I/O-Hubs und somit eine Eingrenzung interessanter Platinen möglich. Den kleinen H410 lassen wir dabei komplett unberücksichtigt – wenige USB-Ports und praktisch keine PCI-Express-Lanes können selbst in Office-PCs knapp werden. Der B460 gehört dagegen rein quantitativ zur Oberklasse der aktuellen I/O-Hubs, nur wenige andere Modelle bieten mehr Ports mit 5 GBit/s (siehe Übersicht). Allerdings fehlt natives USB 3.1 und Zusatzcontroller, die bei den reichlich vorhandenen Lanes leicht verbaut werden könnten, kosten Geld. In der einem Core i3-10400F angemessenen Preisklasse bis 130 Euro sollte man damit nicht rechnen, unmittelbar darüber bekommt man aber auch schon H470-Modelle mit besserer nativer Ausstattung. Wer mit einem Core i5-10600K oder einem i9-10900K auf die Jagd nach maximalen Fps gehen möchte, hat aber bei beiden I/O-Hubs ein Problem: Sie sind für Übertaktung gesperrt. Wer bei Intel tunen will, und sei es nur der Einsatz von etwas schnellerem RAM als spezifiziert, muss zwingend zum Z490 greifen. Billig-Angebote gibt es hier ab 150 Euro, ALC1220-Sound aber erst ab 240.

Bild: Bethesda

Arbeitsspeicher

Immer komplexere Spielwelten erzeugen auch immer größere Datenmengen, sodass Spieler auf viel und guten Arbeitsspeicher angewiesen sind. Wir erläutern, worauf es bei einem DDR4-Kit ankommt.

Die wichtigste Eigenschaft von RAM ist die Kapazität, denn sie hat den größten Einfluss auf die Leistung des gesamten Systems. Bei einer zu kleinen Speichermenge müssen häufig Inhalte von der SSD oder HDD angefragt werden, da der Arbeitsspeicher nicht alle benötigten Daten vorrätig halten kann. Da diese Speichermedien deutlich langsamer als RAM sind, bekommen Sie diese Wartezeiten zu spüren. Bei einfachen Aufgaben wie Internet-Surfen ist das noch zu verschmerzen, bei PC-Spielen wird aber schnell die Ruckel-Schmerzgrenze erreicht, falls es nicht gleich zu einem Absturz kommt.

RAM-Preise sind dafür bekannt, innerhalb weniger Wochen stark schwanken zu können, in den ersten Monaten der Corona-Krise sind sie aber relativ stabil geblieben. Da die Fertigung weiterlief, sind keine Engpässe zu befürchten.

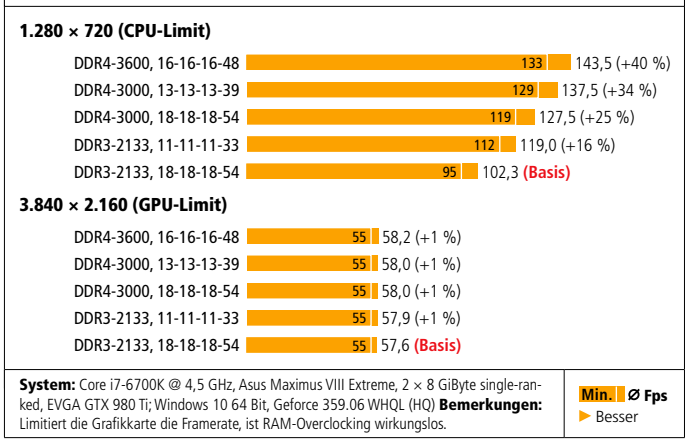
Die richtige Speichermenge

Blendet man die Kosten aus, gilt eine Regel: Zu viel Speicher gibt es nicht, solange die Plattform die Kapazität unterstützt. Allerdings können Sie eine höhere Systemleistung erzielen, wenn Sie Ihr Geld statt in möglichst viel Arbeitsspeicher in die tatsächlich benötigte Kapazität und in RAM-Module mit besseren Leistungswerten (Takt/Timings) stecken. PC Games Hardware hat in einigen Messreihen untersucht, welche Leistungsunterschiede sich durch den Einsatz von 4, 8, 16 und 32 GiByte RAM in den Titeln Battlefield 1, The Division, The Witcher 3, Doom und Skyrim Special Edition (inklusive Grafikmods) ergeben. Dafür haben wir vor allem auf die Frametimes, also die Zeitabstände zwischen zwei Einzelbildern anstatt der durchschnittlichen Bildrate geachtet, um kleine Nachladeruckler aufzudecken. Wenn das System innerhalb weniger Minuten mehrfach kurz stockt, leidet das Spielvergnügen nämlich stärker als man es anhand der durchschnittlichen Framerate vermuten würde. Mit 8 GiByte laufen die meisten aktuellen Spiele zwar, Sie müssen aber mit Einschränkungen rechnen: Im Direktvergleich mit 16 GiByte treten oft mehr Mikroruckler auf.

Mit 16 GiByte sind Sie in aktuellen Spielen gut aufgestellt. In Einzelfällen wie dem VR-Titel Ark Park liegt bereits die minimale Systemanforderung bei 16 GiByte! 32 GiByte bringen im Direktvergleich mit 16 GiByte leichte Vorteile, auch mit dieser Speichermenge können gelegentlich minimale Ruckler auftreten. Das liegt aber oft nicht am Speichermangel, sondern an Eigenheiten der Engine. Die mit Grafikmods verschönerte Skyrim Special Edition legt beispielsweise immer mal wieder eine kurze Nachladepause ein, wenn man die riesige Spielwelt durchstreift – an bestimmten Grenzen werden abrupt Daten nachgeladen. 32 GiByte sind für Spieler interessant, die ein größeres Budget haben, gerne Multitasking betreiben oder sich in den nächsten Jahren um RAM keine Gedanken machen möchten. Die kommenden Konsolen Playstation 5 und Xbox Series X bieten mehr Arbeitsspeicher als ihre Vorgänger und werden damit indirekt auch den RAM-Hunger von PC-Spielen erhöhen. Mit 32 GiByte sind Sie auf der sicheren Seite, bei einem knappen Budget raten wir zu 16 GiByte.

Falls Sie intensiven Gebrauch von Multitasking, etwa in Kombination mit Bildbearbeitung, virtuellen Maschinen oder RAM-Disks machen, benötigen Sie womöglich mehr als 32 GiByte. In diesem Fall können Ihnen Herstellerempfehlungen,

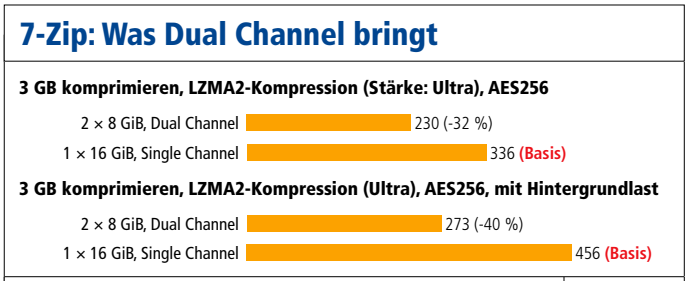
The Witcher 3: CPU- und GPU-Limit im Vergleich



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Limitiert die Grafikkarte die Framerate, ist RAM-Overclocking wirkungslos.

Min. Ø Fps
▶ Besser

7-Zip: Was Dual Channel bringt



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA Geforce GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

Sekunden
◀ Besser

die Erfahrungen anderer Nutzer und eigene Beobachtungen weiterhelfen. Photoshop reserviert sich etwa standardmäßig 70 Prozent des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers und gibt einen Effizienzwert aus, der im Idealfall bei 100 Prozent liegt. Niedrigere Werte weisen auf Auslagerungen auf die SSD oder Festplatte hin, die sich mit der Zuweisung von mehr RAM und – falls das nicht ausreicht – einer Aufrüstung des Arbeitsspeicher minimieren lassen.

Zwei oder vier Kanäle?

Indem der RAM-Controller zwei, drei oder vier Module gleichzeitig anspricht, lässt sich die Transferrate deutlich erhöhen. Welche Art des Mehrkanalbetriebs Sie nutzen können, hängt von der verwendeten Plattform ab: Die am häufigsten genutzte Beschleunigungstechnik Dual Channel unterstützen Prozessoren für die Sockel 1151, 1200 und AM4, bis zu vier Kanäle lassen sich mit den High-End-Plattformen Sockel 2066 (Ausnahme: Kaby Lake X), TR4 und TRX4 nutzen.

Die Fähigkeit zum Mehrkanalbetrieb ist eine Eigenschaft des RAM-Controllers, nicht der Speichermodule selbst. Im Handel angebotene Dual- oder Quad-Channel-Kits sind lediglich vom Hersteller für den Mehrkanalbetrieb zusammengestellte, baugleiche Riegel. Diese Produkte sind daher zwar empfehlenswert, aber kein Muss, um die Vorteile des Mehrkanalverfahrens nutzen zu können. Pro Kanal benötigen Sie mindestens ein Modul für den Mehrkanalbetrieb, außerdem sollte die Speichermenge pro Kanal identisch sein, da sonst Leistungsschwankungen auftreten. Welche Steckplätze die richtigen sind, können Sie stets dem Mainboard-Handbuch entnehmen.

Im Alltag bringt Mehrkanalbetrieb den größten Nutzen, wenn mehrere Programme gleichzeitig auf den Arbeitsspeicher zugreifen. Wenn Sie beispielsweise einige Gigabyte Daten komprimieren und in der Zwischenzeit nicht warten, sondern etwas spielen möchten, verhelfen mehr Speicherkanäle sowohl zu höheren Bildraten als auch zu einer kürzeren Kompressionszeit. In Spielen profitieren Sie ohne Hintergrundlast aber auch dann spürbar, wenn die Grafikkarte nicht bremst.

Der Mehrkanalbetrieb erhöht den Speicherdurchsatz deutlich und ist praktisch kostenlos, da sich Einzelmodule und Kits mit der gleichen Gesamtkapazität preislich kaum

Geschmacksfrage: RGB-Lichtspiele

Konfigurierbare RGB-LED-Farbenspiele gibt es von den meisten RAM-Herstellern – abgebildet sind sechs Beispiele. Die Beleuchtung gibt es allerdings nicht kostenlos; zum gleichen Preis erhalten Sie daher oft etwas schnellere Kits ohne LEDs.

Corsair Dominator Platinum RGB

Corsair Vengeance RGB Pro

G.Skill Trident Z Neo

Hyper X Fury RGB

Teamgroup T-Force Xtreem ARGB

Thermaltake Toughram RGB

unterscheiden. Sehr hohe Speichermengen lassen sich sogar erst mit mehreren Modulen erreichen. Greifen Sie bei einem Neukauf am besten gleich zu einem Dual-/Quad-Channel-Kit mit zwei/vier identischen Sticks. Wenn Sie Module ersetzen oder die RAM-Menge aufstocken möchten, dann berücksichtigen Sie das Thema Mehrkanalbetrieb vor dem Kauf.

Takt und Timings

Die offiziellen Angaben zum unterstützten Speichertakt variieren zwischen den CPU-Serien und zum Teil einzelnen Modellen, auch die Anzahl der Module und Ranks spielt (gerade bei AMD) eine Rolle. In der Praxis lassen sich auch ohne Overclocking-Talent oft deutlich höhere Taktraten erreichen, indem lediglich das XM-Profil schneller RAM-Module im UEFI-Menü geladen wird. Die Limits hängen von vielen Faktoren ab, aktuelle Intel-Prozessoren auf Mainboards mit Z- oder X-PCH verkraften aber meistens höhere Taktraten als Ryzen-1000/2000-Setups. Den größten Spielraum bieten derzeit tendenziell Intels Comet-Lake-Prozessoren der K-Serien auf guten Z490-Mainboards. Coffee-Lake-Chips sind für DDR4-4000+ geeignet, die Kombination aus Ryzen 3000 und X570 grundsätzlich auch.

Normalerweise ist es für Ryzen-3000-Tweaker aber sinnvoller, das System bei einer etwas niedrigeren RAM-Taktfrequenz zu betreiben. Bis einschließlich DDR4-3600 werden RAM, RAM-Controller und Infinity Fabric mit der gleichen Taktrate, also z. B. 1.800 MHz bei DDR4-3600 betrieben. Bei höheren RAM-Geschwindigkeiten halbiert sich der RAM-Controller-Takt, während das Infinity-Fabric-Interface bei 1.800 MHz verharrt. Das führt in der Praxis zu einer höheren Latenz bei RAM-Zugriffen. Im UEFI-Menü lässt sich der 1:1-Betrieb aber manuell erzwingen, um maximal DDR4-3800 mit der bestmöglichen Anbindungsgeschwindigkeit nutzen zu können. Das halten wir in den meisten Fällen für die sinnvollere Vorgehensweise, als zu versuchen, mit einer möglichst weit über DDR4-4000 liegenden Taktrate den Nachteil des asynchronen Betriebs zu kompensieren.

Tipp: Läuft das System nicht mit dem gewünschen Speichertakt, helfen oft eine Erhöhung der SOC-Spannung (AMD) oder der VCCIO- und System-Agent-Spannung (Intel). Tasten Sie sich hierbei in kleinen Schritten von maximal 0,05 Volt zusätzlich vor und beschränken Sie sich auf eine maximale Anhebung um ca. 0,20 Volt. Stärkere Erhöhungen sollten nur erfahrene Übertakter vornehmen, die bereit sind, eine erhöhte Abnutzung für einen kleinen Leistungsvorteil in Kauf zu nehmen.

Die Timings entscheiden darüber, wie viele Taktzyklen für eine bestimmte Operation vergehen, niedrige Timings sind daher besser. Üblicherweise sind vier Latenzen, nämlich CAS (CL), RCD, RP und RAS hintereinander aufgeführt. Es handelt sich um relative Werte, die an die Taktfrequenz gekoppelt sind. Ein für 16-16-16-36 freigegebenes DDR4-3600-Kit ist also schneller als zum Beispiel DDR4-3000-Riegel mit den (vermeintlich) besseren Timings 15-15-15-35.

Chips für Tuner

Die besten OC-Eigenschaften weisen Kits mit Samsung-Chips (B-Die) auf, die fast nur auf teuren Kits verbaut werden. Sie sind üblicherweise für DDR4-3200/14-14-14-x oder DDR4-3600/16-16-16-x und besser spezifiziert. Chips auf Kits mit besonders straffen Eckdaten (z. B. DDR4-4000/15-16-16-x) wurden am strengsten selektiert. Gute Kits mit diesen Samsung-Bausteinen zeichnen sich durch ihre hohe Flexibilität aus, wodurch sie sowohl für AMD- als auch Intel-Nutzer interessant sind: Sie skalieren sehr gut mit Spannung, ermöglichen knackige Latenzen und sehr hohe Taktraten.

Die besten Micron-Chips entstammen der Revision E, die bevorzugt von der Hausmarke Crucial bzw. Ballistix eingesetzt werden. Sie eignen sich ebenfalls für hohe Taktraten, profitieren aber weniger stark von mehr Volt. Hervorzuheben ist die RCD-Latenz, die sich mit einer höheren Spannung nicht weiter absenken lässt. Diese Micron-Chips sind daher vor allem für Tuner eines AMD- oder Intel-Setups interessant, die eher niedrige Spannungen einsetzen möchten. Kits mit Micron Rev. E sind bereits relativ günstig zu haben – dann aber weniger streng selektiert.

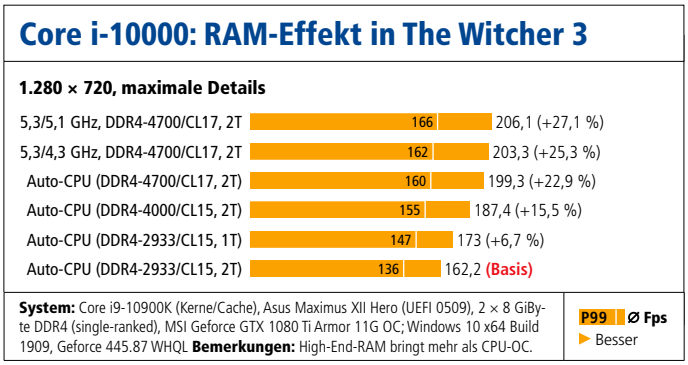
SK-Hynix-Bausteine sind auf der Masse der DDR4-Kits zu finden und werden von nahezu jedem Hersteller verbaut, etwa auf günstigen Modulen mit einer Freigabe für DDR4-3000/3200. Sie ermöglichen bei 1,35 Volt oft das Übertakten auf DDR4-3600 oder höher. Die neuen Chips der Revision D sind besonders taktfreudig. Verbaut werden sie z. B. auf Kits mit einer Freigabe für DDR4-4400 und 19-25-25-x oder 19-26-26-x. Sie erfordern also entspannte RCD-/RP-Werte und sind weniger flexibel einsetzbar, weshalb wir sie eher Intel-Nutzern empfehlen.

Die oft vorinstallierten Kühler benötigen DDR4-Module übrigens nicht zwingend. Achten Sie am besten darauf, dass das Belüftungskonzept des Gehäuses gut funktioniert, denn davon profitieren auch andere PC-Komponenten.

Ranks

Die Anzahl der Ranks beschreibt den internen Aufbau der Speichermodule. Module mit einer hohen Kapazität sind meistens dual-ranked. DDR4-Sticks mit 4 GiByte sind grundsätzlich single-ranked, mit 16 GiByte (aktuell noch) dual-ranked. Mehr Ranks bringen dank Rank-Interleaving ein kleines Leistungsplus. Für die Geschwindigkeit spielt es aber keine Rolle, auf wie vielen Modulen die Ranks verteilt liegen. Vier Single-Rank-Sticks sind bei einem Dual-Channel-System also ähnlich schnell wie zwei Dual-Rank-Module. Mit mehr Ranks ist dafür das OC-Potenzial etwas geringer. *(sw)*

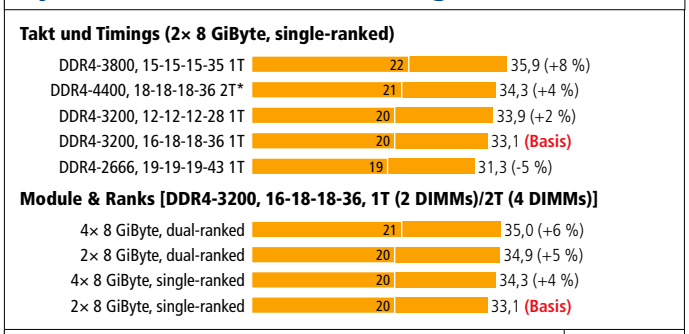
Core i-10000: RAM-Effekt in The Witcher 3



System: Core i9-10900K (Kerne/Cache), Asus Maximus XII Hero (UEFI 0509), 2 × 8 GiByte DDR4 (single-ranked), MSI Geforce GTX 1080 Ti Armor 11G OC; Windows 10 x64 Build 1909, Geforce 445.87 WHQL **Bemerkungen:** High-End-RAM bringt mehr als CPU-OC.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Ryzen 3000: RAM-Effekt in Kingdom Come

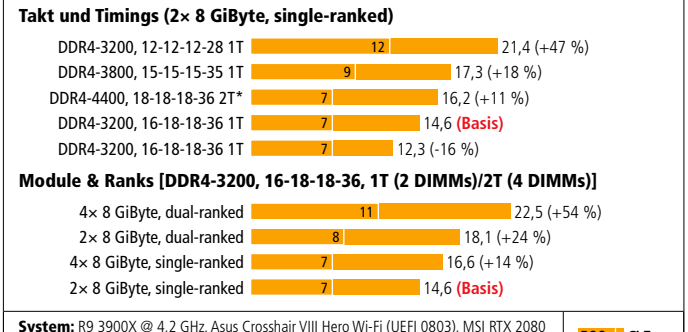


System: Ryzen 9 3900X @ 4,2 GHz, Asus Crosshair VIII Hero Wi-Fi (UEFI 0803), MSI Geforce RTX 2080 Ti; Windows 10 64 Bit, Geforce 431.60 WHQL **Bemerkungen:** Ranks, Timings, Takt – alles erhöht die Fps.

P99 Ø Fps
▶ Besser

*asynchron

KCD mit Hintergrundlast (4× HCI Memtest)



System: R9 3900X @ 4,2 GHz, Asus Crosshair VIII Hero Wi-Fi (UEFI 0803), MSI RTX 2080 Ti; Windows 10 64 Bit, Geforce 431.60 WHQL **Bemerkungen:** Bei intensiver RAM-Nutzung trennt sich die Spreu vom Weizen.

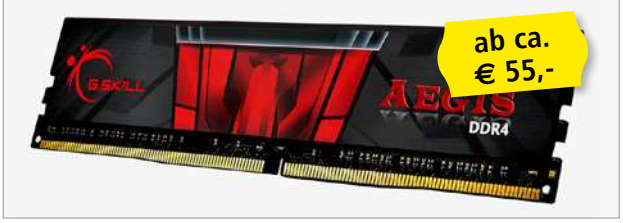
P99 Ø Fps
▶ Besser

*asynchron

Günstige 2× 8 GiByte

Kein anderes Kit bietet zu diesem Preis einen garantierten Takt von 1.600 MHz (DDR4-3200) wie das G.Skill Aegis F4-3200C16D-16GIS, das für die Timings 16-18-18-38 bei 1,35 Volt spezifiziert ist. Auf einen Kühlkörper müssen Sie allerdings verzichten, die Chips bedeckt lediglich ein Aufkleber. Temperaturbedingte Stabilitätsprobleme sind dennoch nicht zu befürchten, selbst mit etwas Overclocking. Ein Spiele-PC sollte ohnehin über eine durchdachte Gehäusebelüftung verfügen, welche die Abwärme von GPU und CPU stemmt.

www.pcgh.de/preis/2151626



2× 8 GiByte für Tuner

Zugegeben – durch die Preis-Leistungs-Brille betrachtet sind die Riegel des G.Skill-Kits F4-3800C14D-16GTZN nicht empfehlenswert. Allerdings bieten die beiden für 1,50 Volt ausgelegten Module mit Samsung-Chips (B-Die) sehr gute Timings (14-16-16-36) bei einem hohen Takt. Der Clou für Ryzen-Tuner: Die Taktstufe DDR4-3800 lässt sich üblicherweise im synchronen Modus nutzen – sofern Sie dies im UEFI-Menü erzwingen. Der asynchrone Modus für noch höhere Taktraten erhöht die Latenz und ist daher nur selten sinnvoll.

www.pcgh.de/preis/2202051

Gute 4× 8 GiByte

Vier Module sind für Nutzer eines Quad-Channel-Systems sinnvoll, damit sie keine Leistung verschenken. Das Vengeance-LPX-Kit bietet für wenig Geld eine garantierte Taktfrequenz von DDR4-3600. Bei 1,35 V garantiert der Hersteller die Latenzen 18-22-22-42. Praktisch ist die geringe Bauhöhe von lediglich 3,5 cm, die nur leicht über dem DDR4-Standard liegt. So passen die Sticks bei Bedarf auch leicht unter große Luftkühler. Beeindruckende Overclocking-Reserven sollten Sie allerdings nicht erwarten.

www.pcgh.de/preis/2059174

Günstige 2× 16 GiByte

Auch in der Kapazitätsklasse 2 × 16 GiByte gibt es kein Kit, das zum Tiefpreis so gute Eckdaten wie die Aegis-Module F4-3200C16D-32GISB aufweist, nämlich DDR4-3200 (16-18-18-38) bei 1,35 Volt. Anders als bei der Variante mit halber Kapazität dürfen Sie hier allerdings mit zwei Dual- statt Single-Rank-Riegeln rechnen, was in der Praxis noch einen kleinen zusätzlichen Leistungsschub bringt. Ein Kühler fehlt, weshalb die Module die DDR4-Standardhöhe von 31,25 mm aufweisen.

www.pcgh.de/preis/2151624

2× 16 GiByte für Tuner

Die Ballistix-Riegel sind für DDR4-3600 (16-18-18-38) bei 1,35 Volt freigegeben und alternativ auch in Rot oder Weiß erhältlich. Dank Dual-Rank-Aufbau ist bereits die Grundleistung gut, doch die verbauten Micron-Speicherchips (Rev. E) bieten wahlweise Spielraum für Latenz-Tuning oder Taktanhebungen und sind eine interessante Alternative zu oft teureren Kits mit Samsung-Chips. Sofern Ihr Gehäuse über ein Fenster verfügt, empfehlen wir den Griff zur RGB-Variante, für die nahezu kein Aufpreis fällig wird.

www.pcgh.de/preis/2222854

Gute 4× 16 GiByte

Die vier Module der Ripjaws-V-Serie sind für DDR4-3600 (16-19-19-39) bei 1,35 Volt ausgelegt. 64 GiByte sind nur für PC-Spiele stark überdimensioniert, doch für Zwecke wie extremes Multitasking, Virtualisierung oder eine RAM-Disk ideal. Sollte die Bauhöhe von 4,2 cm ein Problem darstellen, dann sind die Alternativen Hyper X Fury HX436C17FB3K4/64 für 440 Euro (www.pcgh.de/preis/2208174) oder G.Skill Aegis F4-3200C16Q-64GIS für 270 Euro (www.pcgh.de/preis/2151622) einen Blick wert.

www.pcgh.de/preis/2154726

Grafikkarten

Die Grafikkarte ist der Hauptleistungsträger im Spiele-PC. Doch welche Modelle am Markt lohnen sich und wie viel schneller sind diese als ältere? PCGH hat die Antworten für Sie.

Wer im Sommer 2020 eine neue Grafikkarte zum Spielen sucht, findet ein breites Spektrum an Modellen vor. Alle derzeit verfügbaren Grafikkarten basieren auf weitestgehend fertig optimierten Architekturen mit gereiften Treibern. Echte Neuheiten sind erst im Herbst zu erwarten – allerdings ist unklar, welche Preis- und Leistungs-Segmente AMD und Nvidia mit den kommenden Grafikchips der Reihen „RDNA2“ und „Ampere“ bedienen werden.

Marktüberblick

Wer schon jetzt ein Schnäppchen für den Übergang oder einen möglichst starken Boliden sucht, der wird im Handel fündig, wobei sich gegenüber dem Vorjahr nicht in allen Preisbereichen etwas geändert hat. Am einfachsten haben es traditionell Full-HD-Spieler. Wer in dieser GPU-schonenden Auflösung sorgenfrei spielen möchte, der sollte mindestens 150 Euro investieren. Für diese Summe erhalten Spieler ein aus Preis-Leistungs-Sicht unschlagbares Angebot in Form der Radeon RX 570 mit 8 GiByte Speicher. Vom kaum günstigeren Modell mit 4 GiByte raten wir ausdrücklich ab, da moderne Spiele damit nicht nur ruckliger laufen, sondern auch automatisch Texturdetails einsparen. Für rund 180 respektive 200 Euro halten die AMD-Partner mit der Radeon RX 580 und RX 590 zwei weitere Modelle bereit, deren Leistungsplus zum Aufpreis passt.

Mitbewerber Nvidia punktet vor allem in der Oberklasse, hat jedoch auch interessante Mittelklasse-Optionen im Portfolio. Aus Preis-Leistungs-Sicht besonders attraktiv sind die Geforce GTX 1660 Super und GTX 1660, welche beide auf einer abgespeckten Turing-Architektur ohne Raytracing-Rechenwerke basieren. Während die GTX 1660S leicht oberhalb der RX 590 rangiert, liegt die GTX 1660 auf Augenhöhe und punktet zudem mit niedrigerer Leistungsaufnahme. Gegen sie spricht die Speicherkapazität von lediglich 6 GiByte. Suchen Sie primär eine leise, sparsame Karte,

ist die GTX 1660 optimal. Möchten Sie kommenden Spielen sicherer entgegentreten, raten wir wegen ihrer 8 GiByte zur RX 590.

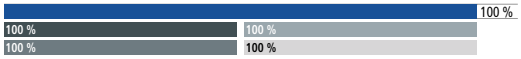
Daneben führt Nvidia auch die Geforce GTX 1650. Dieses stets mit 4 GiByte Speicher ausgestattete Modell tritt in die Fußstapfen der GTX 1050 Ti. Bei maximal 75 Watt Energiebudget (und somit bei einigen Karten ganz ohne Stromstecker) arbeitet die GTX 1650 um etwa ein Drittel schneller als ihre Vorgängerin. Gegen AMDs Radeon RX 570 zieht sie aber in den meisten Fällen den Kürzeren. Falls Sie sich für eine effiziente GTX 1650 entscheiden, greifen Sie nach Möglichkeit zu einem neueren Modell mit GDDR6-Speicher, erkennbar an den Zusätzen „G6“ oder „D6“.

Grafikkarten-Index: Top 28

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**
■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UWQHD ■ UHD | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Titan RTX

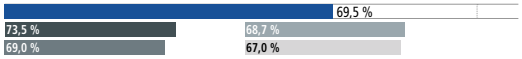
Takt: 1,65+/7,0 GHz
RAM: 24 GiB GDDR6
Preis: Ca. 2.750 € (±0 €)
PLV: 19,0 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	86	98	83	163	131	188	116	142	125	99	112	170	179	215	127	101	88	102	102	218
WQHD	71	79	60	132	107	123	78	113	97	78	81	117	116	146	93	89	82	69	82	173
UWQHD	58	67	48	109	94	97	62	97	78	63	64	114	90	116	76	70	66	54	71	148
UHD	39	51	33	80	70	65	40	76	58	49	44	62	58	74	54	47	46	36	54	106

Geforce GTX 1080 Ti

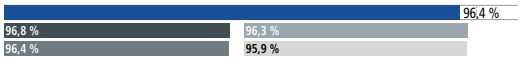
Takt: 1,67+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	73	74	57	123	98	116	81	98	90	68	75	120	121	150	89	99	84	69	75	154
WQHD	52	59	40	94	78	73	53	79	68	53	53	81	74	97	63	70	58	45	60	110
UWQHD	43	49	32	79	68	57	42	68	54	44	41	81	57	76	51	54	45	35	52	97
UHD	29	37	22	56	49	36	27	51	39	32	29	42	35	47	36	36	30	24	39	68

Geforce RTX 2080 Ti

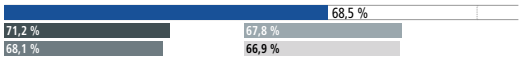
Takt: 1,68+/7,0 GHz
RAM: 11 GiB GDDR6
Preis: Ca. 1.260 € (±0 €)
PLV: 39,9 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	82	93	80	159	126	179	113	138	120	96	108	161	174	209	126	101	87	97	96	214
WQHD	69	76	58	127	101	121	76	111	92	75	77	110	112	139	92	86	81	65	78	167
UWQHD	56	65	46	106	90	94	60	96	75	61	61	110	87	110	75	66	66	51	67	140
UHD	37	50	32	78	66	62	39	74	56	47	42	58	56	70	53	45	45	34	51	102

Radeon VII

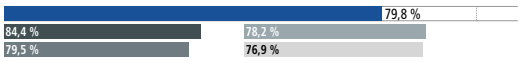
Takt: 1,70+/1,0 GHz
RAM: 16 GiB HBM2
Preis: Ca. 600 € (+30 €)
PLV: 59,6 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	63	72	43	139	114	123	95	108	70	60	78	103	119	162	88	91	76	64	63	157
WQHD	46	58	31	111	87	81	63	85	55	49	56	72	78	105	65	60	54	42	52	115
UWQHD	38	49	24	92	75	62	50	71	45	40	45	69	61	83	53	47	43	33	45	99
UHD	26	37	17	65	51	40	31	53	34	32	31	39	39	52	37	32	28	22	35	71

Geforce RTX 2080 Super

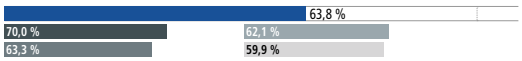
Takt: 1,85+/7,75 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 750 € (±0 €)
PLV: 55,5 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	78	83	66	139	108	147	94	125	98	81	90	134	145	179	109	100	86	81	85	190
WQHD	57	67	47	110	87	98	63	98	75	63	62	91	92	117	79	71	69	54	68	90
UWQHD	46	55	38	91	76	77	49	83	60	51	49	91	71	93	63	55	54	42	58	64
UHD	31	41	25	65	56	50	31	62	45	39	34	48	45	59	44	36	36	28	43	44

Radeon RX 5700 XT

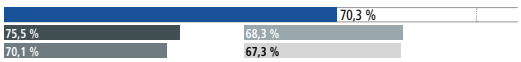
Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 390 € (±0 €)
PLV: 85,4 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	63	73	46	126	111	121	87	114	75	59	73	99	118	148	90	93	77	63	62	141
WQHD	45	54	31	96	82	78	57	88	58	46	51	65	74	93	64	59	50	40	49	69
UWQHD	37	44	24	79	70	59	45	70	47	37	41	65	57	73	51	48	39	31	41	51
UHD	26	32	16	55	47	37	27	51	35	28	27	33	36	44	35	30	25	20	31	46

Geforce RTX 2070 Super

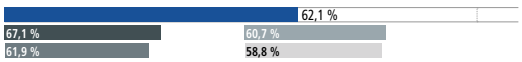
Takt: 1,85+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 540 € (±0 €)
PLV: 67,9 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	71	73	58	125	96	131	84	114	89	71	78	116	130	154	95	93	85	71	73	174
WQHD	51	59	41	98	76	86	56	88	67	54	54	79	82	100	68	69	59	47	58	84
UWQHD	41	51	33	81	62	66	44	74	54	44	43	78	63	79	54	48	47	36	49	55
UHD	27	38	22	58	48	43	27	55	39	33	29	41	40	50	38	34	31	24	37	42

Geforce RTX 2070

Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 630 € (±0 €)
PLV: 51,4 %



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	61	69	51	112	86	115	75	97	79	60	70	104	117	143	84	84	79	65	61	146
WQHD	44	56	36	86	67	74	49	76	60	47	49	70	73	91	60	55	53	43	49	79
UWQHD	36	46	28	71	58	57	38	64	48	38	39	70	56	72	48	43	42	33	43	54
UHD	24	33	19	51	42	38	23	47	34	28	27	36	35	45	33	28	27	22	32	39

Geforce RTX 2060 Super

Takt: 1,78+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 430 € (±0 €)
PLV: 72,0 %

59,3 %
64,3 % 58,0 %
59,2 % 55,9 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	57	61	47	108	84	113	72	93	75	57	68	102	112	135	82	82	78	64	59	140
WQHD	42	49	33	83	64	72	47	72	56	44	47	69	70	87	58	54	52	41	47	78
UWQHD	33	43	26	68	57	55	37	61	45	36	37	68	54	68	46	41	41	32	40	52
UHD	23	29	17	48	40	36	23	45	32	26	25	35	34	43	32	27	27	21	31	38

Radeon RX 5700

Takt: 1,65+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 320 € (±0 €)
PLV: 91,7 %

56,3 %
61,8 % 54,6 %
56,0 % 52,7 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	56	63	40	112	98	107	77	100	65	56	63	86	104	120	80	84	67	55	56	124
WQHD	40	46	27	87	72	68	50	76	49	43	45	57	65	80	57	55	44	35	44	64
UWQHD	33	37	21	71	61	52	39	62	40	35	35	57	50	63	46	42	34	27	37	44
UHD	23	29	14	49	41	32	24	45	30	25	24	29	31	39	31	26	22	18	28	40

Radeon RX Vega 64

Takt: 1,35+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 450 € (±0 €)
PLV: 62,9 %

54,3 %
58,2 % 52,9 %
53,8 % 52,1 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	49	61	38	109	94	96	73	94	64	51	65	83	97	129	71	73	66	52	49	115
WQHD	35	48	27	84	71	64	48	71	49	40	46	57	63	83	52	47	43	33	40	62
UWQHD	28	39	22	69	61	50	38	58	40	33	36	57	48	66	43	37	33	26	35	45
UHD	19	29	15	49	42	32	23	42	29	25	24	31	31	41	30	24	22	17	26	42

Geforce GTX 1080

Takt: 1,70+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

54,2 %
59,3 % 53,1 %
54,0 % 50,2 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	56	63	49	105	77	87	66	82	74	55	59	88	94	116	73	86	70	52	58	123
WQHD	40	49	35	79	61	55	44	64	55	43	41	59	58	74	51	52	47	32	45	77
UWQHD	33	40	27	65	53	42	34	55	44	34	32	59	44	57	41	40	36	24	39	66
UHD	21	28	18	45	37	25	22	41	31	24	22	31	27	36	28	26	23	16	29	35

Geforce RTX 2060

Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR6
Preis: Ca. 320 € (±0 €)
PLV: 82,5 %

50,6 %
55,1 % 49,8 %
50,4 % 47,2 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	50	56	43	98	75	95	62	85	66	50	61	90	99	119	72	71	68	55	52	53
WQHD	35	39	29	75	58	62	40	65	50	38	42	59	60	75	49	46	45	35	41	41
UWQHD	28	35	23	61	50	47	30	55	40	31	33	59	46	59	40	35	35	27	35	34
UHD	19	22	15	37	35	31	19	40	28	23	22	30	29	37	25	23	23	17	26	27

Radeon RX Vega 56

Takt: 1,22+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 430 € (-10 €)
PLV: 57,1 %

47,1 %
50,8 % 46,0 %
46,7 % 44,9 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	43	49	34	97	79	88	64	84	56	45	59	73	87	102	65	63	59	45	46	98
WQHD	31	41	24	74	59	55	41	63	42	36	40	49	54	67	46	43	38	29	37	56
UWQHD	24	36	19	61	49	43	32	51	34	29	32	49	42	54	37	33	29	22	32	42
UHD	17	24	13	42	35	28	20	37	25	22	21	27	26	34	26	20	19	15	23	39

Radeon RX 5600 XT

Takt: 1,57+/6,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR6
Preis: Ca. 290 € (±0 €)
PLV: 83,9 %

46,7 %
51,2 % 45,7 %
47,2 % 42,5 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	44	56	35	93	85	93	65	87	59	49	55	74	84	107	65	67	61	46	46	98
WQHD	32	43	22	72	63	59	41	65	46	38	38	50	54	68	46	47	39	29	36	38
UWQHD	25	34	18	58	54	45	32	51	37	31	30	50	42	49	36	33	30	22	31	32
UHD	18	23	11	41	37	29	20	36	27	23	9	25	26	32	24	22	19	15	23	25

Geforce GTX 1070

Takt: 1,68+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

44,0 %
48,7 % 43,0 %
43,8 % 40,5 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	47	51	36	83	64	70	55	69	60	45	47	75	78	96	60	71	58	47	46	104
WQHD	33	38	25	63	49	44	35	54	44	35	33	49	47	60	41	42	38	29	36	66
UWQHD	26	30	20	52	43	34	28	45	35	28	26	49	36	46	33	32	29	23	31	56
UHD	17	22	13	36	30	21	17	33	25	20	18	25	22	29	22	21	18	15	22	31

Geforce GTX 1660 Super

Takt: 1,82+/7,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR6
Preis: Ca. 240 € (±0 €)
PLV: 90,0 %

41,4 %
45,4 % 40,6 %
41,4 % 38,4 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	41	50	34	81	61	80	53	75	53	40	49	68	78	95	61	58	56	42	42	49
WQHD	28	38	23	61	47	51	34	57	39	30	34	46	48	60	43	37	36	27	33	37
UWQHD	23	32	18	51	41	38	26	46	31	24	27	46	37	47	33	29	28	21	29	30
UHD	15	21	12	35	28	24	16	33	22	18	18	22	22	29	21	19	18	13	21	25

Geforce GTX 980 Ti

Takt: 1,06+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

38,8 %
42,0 % 38,1 %
38,6 % 36,2 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	42	45	32	75	60	59	50	56	50	38	44	69	67	90	51	61	53	42	42	46
WQHD	29	33	22	59	46	38	32	45	38	29	30	47	42	56	36	39	34	27	33	36
UWQHD	24	27	17	48	40	29	25	39	30	23	24	46	33	44	29	30	27	21	28	31
UHD	16	19	11	32	28	18	15	30	22	17	16	24	20	25	20	19	17	13	21	23

Geforce GTX 1660

Takt: 1,83+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 220 € (±0 €)
PLV: 86,8 %

36,6 %
40,1 % 35,7 %
36,7 % 33,8 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	35	46	29	71	56	70	44	66	50	38	43	64	71	86	54	48	50	37	38	37
WQHD	24	36	20	53	43	46	28	49	37	28	30	42	43	54	38	31	33	23	30	30
UWQHD	20	28	15	43	37	33	22	40	29	22	23	42	33	43	30	25	24	18	25	26
UHD	13	20	10	28	26	23	13	29	20	16	15	20	20	27	19	17	15	12	18	22

Radeon R9 Fury X

Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

35,3 %
37,7 % 36,1 %
36,3 % 30,9 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	34	43	21	83	61	58	51	53	32	32	49	57	52	97	44	49	50	37	33	59
WQHD	26	28	14	55	48	45	35	43	27	26	36	40	37	65	34	35	34	24	28	42
UWQHD	22	23	12	44	40	37	27	37	22	22	28	40	32	49	27	27	26	19	25	31
UHD	6	16	9	33	28	22	6	29	16	17	14	22	11	28	17	17	16	10	20	23

Radeon RX 590

Takt: 1,55/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 200 € (+10 €)
PLV: 92,0 %

35,3 %
38,4 % 34,3 %
35,2 % 33,2 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	33	43	25	74	61	66	47	55	41	30	45	51	65	87	52	51	39	32	31	91
WQHD	23	33	18	55	47	42	30	43	32	24	31	34	41	55	37	35	26	21	25	47
UWQHD	19	26	14	45	40	32	23	36	26	20	24	34	32	43	30	25	21	16	22	32
UHD	13	18	9	30	27	21	14	26	20	15	16	18	20	24	20	16	14	11	17	28

Radeon RX 5500 XT/8G

Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 200 € (-20 €)
PLV: 90,8 %

34,8 %
38,0 % 34,1 %
35,1 % 32,0 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	32	47	24	73	59	58	48	58	40	34	39	52	65	80	50	51	43	32	34	79
WQHD	23	35	17	55	44	43	31	44	31	26	28	34	40	50	34	35	27	21	26	54
UWQHD	19	28	13	45	38	32	24	36	25	21	22	34	31	39	27	26	21	16	23	39
UHD	13	19	9	31	25	20	14	26	19	15	15	18	19	24	19	16	13	10	17	20

Geforce GTX 1060/6G

Takt: 1,78+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

30,8 %
34,2 % 30,1 %
30,9 % 28,0 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	34	38	26	62	47	51	40	52	44	31	34	55	56	67	44	47	42	33	32	41
WQHD	23	28	18	47	35	32	25	40	32	24	23	36	34	42	30	32	27	21	25	30
UWQHD	18	22	14	38	31	24	19	33	25	19	19	36	26	33	23	24	20	16	21	26
UHD	13	14	9	25	21	15	12	24	18	14	13	18	16	20	15	15	13	10	16	14

Radeon R9 390

Takt: 1,0/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

30,0 %
31,8 % 29,5 %
29,5 % 29,2 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	30	37	18	73	58	57	42	45	40	34	39	52	65	81	42	52	43	32	33	23
WQHD	22	25	13	46	43	35	27	35	31	26	27	35	40	43	28	36	27	21	26	19
UWQHD	19	19	8	35	37	21	21	29	25	21	22	35	31	34	23	26	21	16	23	14
UHD	9	10	6	26	23	16	4	21	17	9	11	18	10	20	12	16	11	7	17	12

Radeon RX 5500 XT/4G

Takt: 1,81+/7,0 GHz
RAM: 4 GiB GDDR6
Preis: Ca. 190 € (-10 €)
PLV: 84,4 %

29,9 %
34,9 % 29,9 %
31,2 % 23,8 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	33	37	18	73	58	57	42	45	40	34	39	52	65	81	42	52	43	32	33	23
WQHD	23	25	13	46	43	35	27	35	31	26	27	35	40	43	28	36	27	21	26	19
UWQHD	19	19	8	35	37	21	21	29	25	21	22	35	31	34	23	26	21	16	23	14
UHD	9	10	6	26	23	16	4	21	17	9	11	18	10	20	12	16	11	7	17	12

Radeon RX 570/8G

Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 150 € (±0 €)
PLV: 99,8 %

28,7 %
31,2 % 28,0 %
28,5 % 27,0 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	28	36	22	63	49	39	49	30	24	37	42	43	72	42	42	39	26	25	55
WQHD	20	28	16	47	37	32	25	37	23	20	25	28	29	45	30	28	25	16	20	33
UWQHD	16	22	12	38	31	25	19	31	19	17	19	28	23	35	24	22	19	13	18	27
UHD	11	16	8	26	22	16	12	22	14	12	13	15	15	22	16	15	12	7	13	21

Radeon RX 570/4G

Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 140 € (±0 €)
PLV: 100,0 %

26,8 %
30,1 % 26,7 %
27,4 % 23,1 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	28	37	17	63	49	50	39	48	30	24	37	43	43	64	41	42	39	26	25	33
WQHD	20	26	12	41	37	31	25	36	23	19	25	28	29	41	29	27	25	17	20	27
UWQHD	16	21	10	34	31	24	19	30	19	16	19	28	23	32	22	20	19	13	18	21
UHD	10	13	6	24	18	15	8	21	13	7	11	14	9	19	14	13	12	7	13	16

Geforce GTX 970

Takt: 1,20+/3,5 GHz
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

25,0 %
28,4 % 24,4 %
25,7 % 21,5 %

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
FHD	27	30	21	45	41	38	36	42	38	26	32	49	45	59	37	41	38	29	28	15
WQHD	20	22	14	36	30	24	23	33	28	20	21	32	28	37	23	27	25	18	22	14
UWQHD	16	17	10	29	25	17	17	27	21	16	12	32	21	24	20	21	18	14	19	14
UHD	11	11	6	9	18	10	10	19	15	11	8	16	11	13	13	13	11	7	14	11

Testsystem: Intel Core i9-9900K (8C/16T) @ 5,0 GHz (Uncore: 4,9 GHz), MSI Meg Z390 Ace, 32 GiByte Corsair DDR4-3866 (17-20-20-60-2T); Windows 10 x64 (inklusive aktueller Patches); anisotroper Filter auf Standardqualität, Vsync aus. Klammer: Preisentwicklung ggü. Vormonat **Spielenamen:** Die Buchstaben entsprechen den 20 Benchmarkspielen: A = Anno 1800, B = Assassin's Creed: Odyssey, C = Ark Extinction, D = Battlefield 5, E = Dirt Rally 2.0, F = The Division 2, G = Far Cry New Dawn, H = Forza Horizon 4, I = Hitman 2, J = Metro Exodus, K = Monster Hunter World, L = A Plague Tale, M = Rage 2, N = Resident Evil 2 (2019), O = Shadow of the Tomb Raider, P = Subnautica: Below Zero, Q = Kingdom Come: Deliverance, R = Total War: Three Kingdoms, S = The Witcher 3, T = Wolfenstein Youngblood
Referenzkarten/Founders-Editionen unter sich (kein werkseitiges OC).

Aufrüstmatrix 1.920 × 1.080 (Full HD)

Basis-GPU \ Aufrüst-GPU	Geforce RTX 2070 Super	Radeon RX 5700 XT	Geforce RTX 2070	Geforce RTX 2060 Super	Radeon RX 5700	Geforce RTX 2060	Radeon RX 5600 XT	Geforce GTX 1660 Super	Geforce GTX 1660	Radeon RX 590	Radeon RX 5500 XT/8G
Geforce RTX 2080 Ti	-22 %	-28 %	-31 %	-34 %	-36 %	-43 %	-47 %	-53 %	-59 %	-60 %	-61 %
Geforce RTX 2080 Super	-11 %	-17 %	-21 %	-24 %	-27 %	-35 %	-39 %	-46 %	-52 %	-54 %	-55 %
Geforce RTX 2070 Super	± 0 %	-7 %	-11 %	-15 %	-18 %	-27 %	-32 %	-40 %	-47 %	-49 %	-50 %
Geforce GTX 1080 Ti	+ 3 %	-5 %	-9 %	-13 %	-16 %	-25 %	-30 %	-38 %	-45 %	-48 %	-48 %
Radeon VII	+ 6 %	-2 %	-6 %	-10 %	-13 %	-23 %	-28 %	-36 %	-44 %	-46 %	-47 %
Radeon RX 5700 XT	+ 8 %	± 0 %	-4 %	-8 %	-12 %	-21 %	-27 %	-35 %	-43 %	-45 %	-46 %
Geforce RTX 2070	+ 13 %	+ 4 %	± 0 %	-4 %	-8 %	-18 %	-24 %	-32 %	-40 %	-43 %	-43 %
Geforce RTX 2060 Super	+ 17 %	+ 9 %	+ 4 %	± 0 %	-4 %	-14 %	-20 %	-29 %	-38 %	-40 %	-41 %
Radeon RX 5700	+ 22 %	+ 13 %	+ 9 %	+ 4 %	± 0 %	-11 %	-17 %	-27 %	-35 %	-38 %	-38 %
Radeon RX Vega 64	+ 30 %	+ 20 %	+ 15 %	+ 10 %	+ 6 %	-5 %	-12 %	-22 %	-31 %	-34 %	-35 %
Geforce GTX 1080	+ 27 %	+ 18 %	+ 13 %	+ 8 %	+ 4 %	-7 %	-14 %	-23 %	-32 %	-35 %	-36 %
Geforce RTX 2060	+ 37 %	+ 27 %	+ 22 %	+ 17 %	+ 12 %	± 0 %	-7 %	-18 %	-27 %	-30 %	-31 %
Radeon RX 5600 XT	+ 47 %	+ 37 %	+ 31 %	+ 26 %	+ 21 %	+ 8 %	± 0 %	-11 %	-22 %	-25 %	-26 %
Radeon RX Vega 56	+ 49 %	+ 38 %	+ 32 %	+ 26 %	+ 22 %	+ 8 %	+ 1 %	-11 %	-21 %	-24 %	-25 %
Geforce GTX 1070	+ 55 %	+ 44 %	+ 38 %	+ 32 %	+ 27 %	+ 13 %	+ 5 %	-7 %	-18 %	-21 %	-22 %
Geforce GTX 1660 Super	+ 66 %	+ 54 %	+ 48 %	+ 42 %	+ 36 %	+ 21 %	+ 13 %	± 0 %	-12 %	-15 %	-16 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 80 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 53 %	+ 47 %	+ 31 %	+ 22 %	+ 8 %	-4 %	-9 %	-9 %
Geforce GTX 1660	+ 88 %	+ 74 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 54 %	+ 37 %	+ 28 %	+ 13 %	± 0 %	-4 %	-5 %
Radeon RX 590	+ 96 %	+ 82 %	+ 74 %	+ 67 %	+ 61 %	+ 43 %	+ 33 %	+ 18 %	+ 4 %	± 0 %	-1 %
Radeon RX 5500 XT/8G	+ 98 %	+ 84 %	+ 76 %	+ 69 %	+ 62 %	+ 45 %	+ 35 %	+ 19 %	+ 6 %	+ 1 %	± 0 %
Radeon R9 Fury X	+ 100 %	+ 86 %	+ 78 %	+ 70 %	+ 64 %	+ 46 %	+ 36 %	+ 20 %	+ 6 %	+ 2 %	+ 1 %
Radeon RX 5500 XT/4G	+ 116 %	+ 101 %	+ 92 %	+ 84 %	+ 77 %	+ 58 %	+ 47 %	+ 30 %	+ 15 %	+ 10 %	+ 9 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 121 %	+ 105 %	+ 96 %	+ 88 %	+ 81 %	+ 61 %	+ 50 %	+ 33 %	+ 18 %	+ 13 %	+ 11 %
Radeon R9 390	+ 138 %	+ 120 %	+ 111 %	+ 102 %	+ 94 %	+ 73 %	+ 61 %	+ 43 %	+ 26 %	+ 21 %	+ 20 %
Radeon RX 570/8G	+ 142 %	+ 124 %	+ 115 %	+ 106 %	+ 98 %	+ 76 %	+ 64 %	+ 45 %	+ 28 %	+ 23 %	+ 22 %
Radeon RX 570/4G	+ 151 %	+ 132 %	+ 123 %	+ 113 %	+ 105 %	+ 83 %	+ 70 %	+ 51 %	+ 33 %	+ 28 %	+ 26 %
Geforce GTX 970	+ 166 %	+ 146 %	+ 136 %	+ 126 %	+ 117 %	+ 94 %	+ 80 %	+ 60 %	+ 41 %	+ 35 %	+ 34 %

Aufrüstmatrix 2.560 × 1.440 (WQHD)

Basis-GPU \ Aufrüst-GPU	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080 Super	Geforce RTX 2070 Super	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon VII	Radeon RX 5700 XT	Geforce RTX 2070	Geforce RTX 2060 Super	Radeon RX 5700	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070
Geforce RTX 2080 Ti	± 0 %	-18 %	-27 %	-28 %	-29 %	-34 %	-36 %	-39 %	-42 %	-52 %	-55 %
Geforce RTX 2080 Super	+ 21 %	± 0 %	-12 %	-13 %	-14 %	-20 %	-22 %	-26 %	-30 %	-41 %	-45 %
Geforce RTX 2070 Super	+ 38 %	+ 13 %	± 0 %	-2 %	-3 %	-10 %	-12 %	-16 %	-20 %	-33 %	-38 %
Geforce GTX 1080 Ti	+ 40 %	+ 15 %	+ 2 %	± 0 %	-1 %	-8 %	-10 %	-14 %	-19 %	-32 %	-37 %
Radeon VII	+ 42 %	+ 17 %	+ 3 %	+ 1 %	± 0 %	-7 %	-9 %	-13 %	-18 %	-31 %	-36 %
Radeon RX 5700 XT	+ 52 %	+ 26 %	+ 11 %	+ 9 %	+ 8 %	± 0 %	-2 %	-6 %	-12 %	-26 %	-31 %
Geforce RTX 2070	+ 56 %	+ 28 %	+ 13 %	+ 12 %	+ 10 %	+ 2 %	± 0 %	-4 %	-10 %	-25 %	-29 %
Geforce RTX 2060 Super	+ 63 %	+ 34 %	+ 18 %	+ 17 %	+ 15 %	+ 7 %	+ 5 %	± 0 %	-5 %	-21 %	-26 %
Radeon RX 5700	+ 72 %	+ 42 %	+ 25 %	+ 23 %	+ 22 %	+ 13 %	+ 11 %	+ 6 %	± 0 %	-17 %	-22 %
Radeon RX Vega 64	+ 79 %	+ 48 %	+ 30 %	+ 28 %	+ 27 %	+ 18 %	+ 15 %	+ 10 %	+ 4 %	-13 %	-19 %
Geforce GTX 1080	+ 79 %	+ 47 %	+ 30 %	+ 28 %	+ 26 %	+ 17 %	+ 15 %	+ 10 %	+ 4 %	-13 %	-19 %
Geforce RTX 2060	+ 91 %	+ 58 %	+ 39 %	+ 37 %	+ 35 %	+ 26 %	+ 23 %	+ 18 %	+ 11 %	-7 %	-13 %
Radeon RX 5600 XT	+ 104 %	+ 68 %	+ 48 %	+ 46 %	+ 44 %	+ 34 %	+ 31 %	+ 25 %	+ 19 %	-1 %	-7 %
Radeon RX Vega 56	+ 106 %	+ 70 %	+ 50 %	+ 48 %	+ 46 %	+ 35 %	+ 32 %	+ 27 %	+ 20 %	± 0 %	-6 %
Geforce GTX 1070	+ 120 %	+ 82 %	+ 60 %	+ 58 %	+ 56 %	+ 44 %	+ 41 %	+ 35 %	+ 28 %	+ 7 %	± 0 %
Geforce GTX 1660 Super	+ 133 %	+ 92 %	+ 69 %	+ 67 %	+ 64 %	+ 53 %	+ 49 %	+ 43 %	+ 35 %	+ 13 %	+ 6 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 150 %	+ 106 %	+ 81 %	+ 79 %	+ 76 %	+ 64 %	+ 60 %	+ 53 %	+ 45 %	+ 21 %	+ 13 %
Geforce GTX 1660	+ 163 %	+ 117 %	+ 91 %	+ 88 %	+ 85 %	+ 72 %	+ 69 %	+ 61 %	+ 52 %	+ 27 %	+ 19 %
Radeon R9 Fury X	+ 165 %	+ 119 %	+ 93 %	+ 90 %	+ 87 %	+ 74 %	+ 70 %	+ 63 %	+ 54 %	+ 29 %	+ 21 %
Radeon RX 590	+ 174 %	+ 126 %	+ 99 %	+ 96 %	+ 94 %	+ 80 %	+ 76 %	+ 68 %	+ 59 %	+ 33 %	+ 25 %
Radeon RX 5500 XT/8G	+ 175 %	+ 127 %	+ 100 %	+ 97 %	+ 94 %	+ 80 %	+ 76 %	+ 69 %	+ 60 %	+ 33 %	+ 25 %
Radeon RX 5500 XT/4G	+ 209 %	+ 155 %	+ 125 %	+ 121 %	+ 118 %	+ 103 %	+ 98 %	+ 90 %	+ 79 %	+ 50 %	+ 40 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 212 %	+ 157 %	+ 127 %	+ 123 %	+ 120 %	+ 105 %	+ 100 %	+ 92 %	+ 81 %	+ 51 %	+ 42 %
Radeon R9 390	+ 227 %	+ 170 %	+ 137 %	+ 134 %	+ 131 %	+ 114 %	+ 110 %	+ 101 %	+ 90 %	+ 58 %	+ 48 %
Radeon RX 570/8G	+ 238 %	+ 179 %	+ 146 %	+ 142 %	+ 139 %	+ 122 %	+ 117 %	+ 108 %	+ 97 %	+ 64 %	+ 54 %
Radeon RX 570/4G	+ 252 %	+ 190 %	+ 156 %	+ 152 %	+ 149 %	+ 131 %	+ 126 %	+ 116 %	+ 104 %	+ 71 %	+ 60 %
Geforce GTX 970	+ 275 %	+ 209 %	+ 173 %	+ 169 %	+ 165 %	+ 146 %	+ 141 %	+ 130 %	+ 118 %	+ 82 %	+ 70 %

System: Core i9-9900K @ 5,0 GHz (Ring/L3: 4,9 GHz), Z390, 4 × 8 GiB DDR4-3866 (1T); Windows 10 x64
Über 50 Prozent | Plus 31–50 Prozent | Plus 1–30 Prozent | Leistungsverlust!

Das Preissegment knapp unter 300 Euro hat aus PCGH-Sicht ein Problem: Die dort verfügbaren Modelle Geforce GTX 1660 Ti, RTX 2060 und Radeon RX 5600 XT sind kaum zukunftstauglich. Dies liegt nicht an der Rechenleistung, sondern an der sprichwörtlich auf Kante genähten Speichermenge von 6 GiByte. Entscheiden Sie sich doch für ein solches Modell, etwa für den Übergang zur nächsten Generation, liefern eine RTX 2060 und eine RX 5600 XT mit 14-Gbps-Speicher in etwa die gleiche Leistung. Das beste Preis-Leistungs-Verhältnis in der Oberklasse liefert AMDs RX 5700 (8 GiByte, ab ca. 320 Euro).

Raytracing: Ja oder nein?

Spätestens im nächsthöheren Preisbereich stellt sich die folgende Frage: Raytracing – brauche ich das? Dabei handelt es sich um eine realitätsnahe, besonders rechenaufwendige Art der Beleuchtung. Nach wie vor bieten nur Nvidias Geforce-Grafikkarten der RTX-20-Reihe Hardware-Einheiten, um Raytracing mit echtzeittauglicher Performance darzustellen. Doch RT-Effekte lassen sich nicht einfach per Treiber zuschalten, sondern müssen von den Spieleentwicklern implementiert werden. Mittlerweile ist die Zahl entsprechender Spiele recht ansehnlich. Besonders sehenswert sind die Titel Control, Deliver Us The Moon und Wolfenstein Youngblood, allerdings können RT-Effekte auch in Battlefield 5 und weiteren begutachtet werden.

Den Einstieg in die Raytracing-Welt markiert die Geforce RTX 2060, welche ab circa 300 Euro verfügbar ist – PCGH rät jedoch von diesem Modell ab. Aktuelle Raytracing-Spiele zeigen der Karte bereits deutlich die Grenzen auf, welche vor allem durch die mageren 6 GiByte auftreten. Deutlich besser sieht das bereits bei der RTX 2060 Super aus, bei er es sich faktisch um eine leicht abgespeckte RTX 2070 handelt (welche langsam vom Markt verschwindet). Die RTX 2060 Super ist ein ausgewogenes, zukunftssicheres Produkt, denn sie bietet nicht nur eine höhere (Raytracing-)Leistung, sondern auch angemessene 8 GiByte Speicher. Das gilt auch für sehr flinke RTX 2070 Super, allerdings sprengt diese klar die 500-Euro-Preisgrenze.

Richtig aufrüsten

Welche Grafikkarte liefert wie viel Mehrleistung? Treue PCGH-Leser kennen sie bereits, die Aufrüstmatrizen. Hier erkennen Sie auf einen Blick, welche Grafikkarte am Markt (oben) am besten zu Ihnen passt respektive welche Leistungsgewinne ausgehend von einem älteren Modell (links) möglich sind. Fühlbare Unterschiede stellen sich erfahrungsgemäß ab einer Größenordnung von +30 Prozent ein, wobei mehr natürlich besser ist.

Speicher-Ratgeber

Das Speicher-Thema zieht sich durch die komplette Grafikkarten-Kaufberatung. Speicher kann man nie genug haben, bei den meisten Modellen haben Sie jedoch keine Wahl. Wer sich heute nach einer Gaming-Grafikkarte umsieht, hat in den populären Preisbereichen zwei Optionen: 6 GiByte (befriedigend) und 8 GiByte (gut). Mit 4 GiByte kommt es verstärkt zu Problemen. Die meisten modernen PC-Spiele laufen mit viel Speicher nicht nur flüssiger, sondern sehen dabei außerdem besser aus. Verantwortlich dafür sind die Streaming-Systeme, die Grafikdaten häppchenweise anfordern. Passt beispielsweise eine angeforderte Textur nicht in den Speicher, wird stattdessen eine niedriger auflösende (= matschigere) Version ebendieser angezeigt. Das hat sichtbare Folgen, mit denen besser bestückte Grafikkarten nicht oder wesentlich seltener kämpfen. Dieses Verhalten sichert spielbare Fps auf speicherarmen Karten, ist jedoch unschön.

Alle High-End-Karten ab circa 450 Euro werden mit 8 GiByte ausgeliefert – das Auslaufmodell Radeon VII ausgenommen. PCGH-Tests ergeben, dass diese Kapazität selbst in Ultra HD genügt, allerdings mit ersten Ausnahmen, darunter Raytracing auf RTX-Grafikkarten. Wer eine Geforce RTX 2080 Ti oder gebrauchte GTX 1080 Ti mit je 11 GiByte kauft, muss sich in nächster Zeit keine Sorgen über Speichermangel machen. *(rv)*

Fazit

Gaming-Grafikkarten

Flüssiger Spielspaß in Full-HD-Auflösung kommt bereits ab rund 150 Euro auf, hier wartet unter anderem eine Radeon RX 570 mit 8 GiByte Speicher auf Kundschaft. Wer kompromisslos in WQHD spielen möchte, sollte zu einer RX 5700 (XT) oder RTX 2070 (Super) greifen. Betuchte Ultra-HD-Zocker sind mit einer RTX 2080 Ti bestens beraten.

Palit Geforce GTX 1650 Kalm X: Nvidias kleinste Turing-Grafikkarte ist aufgrund ihrer Sparsamkeit auch mit reiner Passivkühlung (und ohne Strombuchse) verfügbar.

Powercolor Radeon RX 5600 XT ITX: Dank 14-GT/s-Speicher eine der schnellsten Optionen für kompakte Gehäuse. Clever: Die Strombuchse geht nach oben ab.

Bild: Gigabyte

Die Gigabyte Aorus Geforce RTX 2080 Ti Xtreme Waterforce markiert das obere Ende der Nahrungskette für alle, die den Aufbau einer modularen Wasserkühlung scheuen.

Aufrüstmatrix 3.440 × 1.440 (UWQHD)

Basis-GPU \ Aufrüst-GPU	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080 Super	Geforce RTX 2070 Super	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon VII	Radeon RX 5700 XT	Geforce RTX 2070	Geforce RTX 2060 Super	Radeon RX 5700	Radeon RX Vega 64	Geforce GTX 1080
Geforce RTX 2080 Ti	± 0 %	-19 %	-29 %	-29 %	-30 %	-36 %	-37 %	-40 %	-43 %	-45 %	-45 %
Geforce RTX 2080 Super	+ 23 %	± 0 %	-13 %	-12 %	-13 %	-21 %	-22 %	-26 %	-30 %	-32 %	-32 %
Geforce GTX 1080 Ti	+ 40 %	+ 14 %	-1 %	± 0 %	-1 %	-10 %	-12 %	-16 %	-20 %	-23 %	-23 %
Geforce RTX 2070 Super	+ 41 %	+ 15 %	± 0 %	+ 1 %	-1 %	-9 %	-11 %	-15 %	-20 %	-22 %	-22 %
Radeon VII	+ 42 %	+ 15 %	+ 1 %	+ 1 %	± 0 %	-8 %	-11 %	-15 %	-19 %	-22 %	-22 %
Radeon RX 5700 XT	+ 55 %	+ 26 %	+ 10 %	+ 11 %	+ 9 %	± 0 %	-2 %	-7 %	-12 %	-15 %	-14 %
Geforce RTX 2070	+ 59 %	+ 29 %	+ 13 %	+ 13 %	+ 12 %	+ 2 %	± 0 %	-4 %	-10 %	-13 %	-12 %
Geforce RTX 2060 Super	+ 66 %	+ 35 %	+ 18 %	+ 18 %	+ 17 %	+ 7 %	+ 5 %	± 0 %	-6 %	-9 %	-8 %
Radeon RX 5700	+ 76 %	+ 43 %	+ 25 %	+ 26 %	+ 24 %	+ 14 %	+ 11 %	+ 6 %	± 0 %	-3 %	-3 %
Radeon RX Vega 64	+ 82 %	+ 48 %	+ 29 %	+ 30 %	+ 28 %	+ 17 %	+ 15 %	+ 10 %	+ 3 %	± 0 %	± 0 %
Geforce GTX 1080	+ 81 %	+ 47 %	+ 29 %	+ 29 %	+ 28 %	+ 17 %	+ 14 %	+ 9 %	+ 3 %	± 0 %	± 0 %
Geforce RTX 2060	+ 94 %	+ 57 %	+ 37 %	+ 38 %	+ 36 %	+ 25 %	+ 22 %	+ 16 %	+ 10 %	+ 6 %	+ 7 %
Radeon RX Vega 56	+ 110 %	+ 70 %	+ 49 %	+ 49 %	+ 48 %	+ 35 %	+ 32 %	+ 26 %	+ 19 %	+ 15 %	+ 16 %
Radeon RX 5600 XT	+ 111 %	+ 71 %	+ 49 %	+ 50 %	+ 48 %	+ 36 %	+ 33 %	+ 27 %	+ 19 %	+ 16 %	+ 16 %
Geforce GTX 1070	+ 124 %	+ 82 %	+ 59 %	+ 60 %	+ 58 %	+ 45 %	+ 41 %	+ 35 %	+ 27 %	+ 23 %	+ 24 %
Geforce GTX 1660 Super	+ 138 %	+ 93 %	+ 68 %	+ 69 %	+ 67 %	+ 53 %	+ 50 %	+ 43 %	+ 35 %	+ 31 %	+ 31 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 153 %	+ 105 %	+ 79 %	+ 80 %	+ 78 %	+ 63 %	+ 59 %	+ 52 %	+ 43 %	+ 39 %	+ 39 %
Geforce GTX 1660	+ 170 %	+ 119 %	+ 91 %	+ 92 %	+ 90 %	+ 74 %	+ 70 %	+ 62 %	+ 53 %	+ 48 %	+ 49 %
Radeon R9 Fury X	+ 167 %	+ 117 %	+ 89 %	+ 90 %	+ 88 %	+ 72 %	+ 68 %	+ 61 %	+ 51 %	+ 47 %	+ 47 %
Radeon RX 590	+ 181 %	+ 128 %	+ 99 %	+ 100 %	+ 98 %	+ 81 %	+ 77 %	+ 69 %	+ 59 %	+ 54 %	+ 55 %
Radeon RX 5500 XT/8G	+ 182 %	+ 129 %	+ 100 %	+ 101 %	+ 99 %	+ 82 %	+ 78 %	+ 70 %	+ 60 %	+ 55 %	+ 56 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 220 %	+ 160 %	+ 127 %	+ 128 %	+ 125 %	+ 106 %	+ 102 %	+ 93 %	+ 82 %	+ 76 %	+ 77 %
Radeon R9 390	+ 227 %	+ 165 %	+ 132 %	+ 133 %	+ 130 %	+ 111 %	+ 106 %	+ 97 %	+ 85 %	+ 80 %	+ 80 %
Radeon RX 5500 XT/4G	+ 222 %	+ 162 %	+ 128 %	+ 130 %	+ 127 %	+ 108 %	+ 103 %	+ 94 %	+ 83 %	+ 77 %	+ 78 %
Radeon RX 570/8G	+ 243 %	+ 179 %	+ 143 %	+ 145 %	+ 142 %	+ 121 %	+ 116 %	+ 107 %	+ 95 %	+ 89 %	+ 89 %
Radeon RX 570/4G	+ 261 %	+ 193 %	+ 156 %	+ 157 %	+ 154 %	+ 133 %	+ 127 %	+ 117 %	+ 105 %	+ 98 %	+ 99 %
Geforce GTX 970	+ 295 %	+ 221 %	+ 180 %	+ 181 %	+ 178 %	+ 155 %	+ 149 %	+ 138 %	+ 124 %	+ 117 %	+ 118 %

Aufrüstmatrix 3.840 × 2.160 (Ultra HD)

Basis-GPU \ Aufrüst-GPU	Titan RTX	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080 Super	Geforce RTX 2070 Super	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon VII	Radeon RX 5700 XT	Geforce RTX 2070	Geforce RTX 2060 Super	Radeon RX 5700	Radeon RX Vega 64
Geforce RTX 2080 Ti	+ 4 %	± 0 %	-20 %	-30 %	-30 %	-30 %	-38 %	-39 %	-42 %	-45 %	-46 %
Geforce RTX 2080 Super	+ 30 %	+ 25 %	± 0 %	-12 %	-13 %	-13 %	-22 %	-23 %	-27 %	-31 %	-32 %
Geforce RTX 2070 Super	+ 49 %	+ 43 %	+ 14 %	± 0 %	± 0 %	-1 %	-11 %	-13 %	-17 %	-22 %	-23 %
Geforce GTX 1080 Ti	+ 49 %	+ 43 %	+ 15 %	± 0 %	± 0 %	± 0 %	-11 %	-12 %	-17 %	-21 %	-22 %
Radeon VII	+ 50 %	+ 43 %	+ 15 %	+ 1 %	± 0 %	± 0 %	-10 %	-12 %	-16 %	-21 %	-22 %
Radeon RX 5700 XT	+ 67 %	+ 60 %	+ 28 %	+ 12 %	+ 12 %	+ 12 %	± 0 %	-2 %	-7 %	-12 %	-13 %
Geforce RTX 2070	+ 70 %	+ 63 %	+ 31 %	+ 14 %	+ 14 %	+ 14 %	+ 2 %	± 0 %	-5 %	-10 %	-11 %
Geforce RTX 2060 Super	+ 79 %	+ 72 %	+ 38 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 7 %	+ 5 %	± 0 %	-6 %	-7 %
Radeon RX 5700	+ 90 %	+ 82 %	+ 46 %	+ 28 %	+ 27 %	+ 27 %	+ 14 %	+ 12 %	+ 6 %	± 0 %	-1 %
Radeon RX Vega 64	+ 92 %	+ 84 %	+ 47 %	+ 29 %	+ 28 %	+ 28 %	+ 15 %	+ 13 %	+ 7 %	+ 1 %	± 0 %
Geforce GTX 1080	+ 99 %	+ 91 %	+ 53 %	+ 34 %	+ 33 %	+ 33 %	+ 19 %	+ 17 %	+ 11 %	+ 5 %	+ 4 %
Geforce RTX 2060	+ 112 %	+ 103 %	+ 63 %	+ 43 %	+ 42 %	+ 42 %	+ 27 %	+ 25 %	+ 18 %	+ 12 %	+ 10 %
Radeon RX Vega 56	+ 123 %	+ 114 %	+ 71 %	+ 50 %	+ 49 %	+ 49 %	+ 34 %	+ 31 %	+ 25 %	+ 18 %	+ 16 %
Radeon RX 5600 XT	+ 135 %	+ 126 %	+ 81 %	+ 58 %	+ 58 %	+ 57 %	+ 41 %	+ 39 %	+ 32 %	+ 24 %	+ 23 %
Geforce GTX 1070	+ 147 %	+ 137 %	+ 90 %	+ 66 %	+ 65 %	+ 65 %	+ 48 %	+ 45 %	+ 38 %	+ 30 %	+ 29 %
Geforce GTX 1660 Super	+ 161 %	+ 150 %	+ 100 %	+ 75 %	+ 75 %	+ 74 %	+ 56 %	+ 53 %	+ 46 %	+ 37 %	+ 36 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 176 %	+ 165 %	+ 112 %	+ 86 %	+ 85 %	+ 85 %	+ 65 %	+ 62 %	+ 54 %	+ 46 %	+ 44 %
Geforce GTX 1660	+ 196 %	+ 184 %	+ 127 %	+ 99 %	+ 98 %	+ 98 %	+ 77 %	+ 74 %	+ 65 %	+ 56 %	+ 54 %
Radeon R9 Fury X/4G	+ 224 %	+ 210 %	+ 149 %	+ 118 %	+ 117 %	+ 117 %	+ 94 %	+ 91 %	+ 81 %	+ 71 %	+ 69 %
Radeon RX 590	+ 202 %	+ 189 %	+ 132 %	+ 103 %	+ 102 %	+ 102 %	+ 81 %	+ 78 %	+ 69 %	+ 59 %	+ 57 %
Radeon RX 5500 XT/8G	+ 213 %	+ 200 %	+ 140 %	+ 110 %	+ 109 %	+ 109 %	+ 87 %	+ 84 %	+ 75 %	+ 65 %	+ 63 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 257 %	+ 242 %	+ 174 %	+ 140 %	+ 139 %	+ 139 %	+ 114 %	+ 110 %	+ 99 %	+ 88 %	+ 86 %
Radeon R9 390	+ 243 %	+ 229 %	+ 163 %	+ 131 %	+ 130 %	+ 129 %	+ 105 %	+ 102 %	+ 92 %	+ 81 %	+ 79 %
Radeon RX 5500 XT	+ 321 %	+ 303 %	+ 223 %	+ 183 %	+ 182 %	+ 181 %	+ 152 %	+ 148 %	+ 135 %	+ 122 %	+ 119 %
Radeon RX 570/8G	+ 270 %	+ 255 %	+ 184 %	+ 149 %	+ 148 %	+ 147 %	+ 122 %	+ 118 %	+ 107 %	+ 95 %	+ 93 %
Radeon RX 570/4G	+ 332 %	+ 314 %	+ 232 %	+ 191 %	+ 189 %	+ 189 %	+ 159 %	+ 154 %	+ 141 %	+ 128 %	+ 125 %
Geforce GTX 970	+ 365 %	+ 346 %	+ 257 %	+ 213 %	+ 211 %	+ 211 %	+ 179 %	+ 174 %	+ 160 %	+ 145 %	+ 142 %

System: Core i9-9900K @ 5,0 GHz (Ring/L3: 4,9 GHz), Z390, 4 × 8 GiB DDR4-3866 (1T), Windows 10 x64
Über 50 Prozent | Plus 31–50 Prozent | Plus 1–30 Prozent | Leistungsverlust!

Powercolor RX 5700 Red Dragon

ab ca. € 360,-

Wer flüssig in der feinen WQHD-Auflösung spielen möchte, sollte zu einer potenten 8-GiByte-Grafikkarte greifen.

Die Radeon RX 5700 (Non-XT) stellt unsere Empfehlung für anspruchsvolle Spieler dar. Full HD ist gar kein Problen und auch WQHD, der aktuelle Monitor-„Sweet Spot" (das beste Verhältnis aus Qualität und Leistungsanforderungen) ist flüssig nutzbar. RX-5700-Grafikkarten sind ab circa 320 Euro verfügbar, dann jedoch meist schwach gekühlt. Wir raten Ihnen stattdessen zu einem potenten Herstellerdesign wie der Powercolor Red Dragon, MSI Gaming X oder Sapphire Pulse. Hier erhalten Sie eine sanfte werkseitige Übertaktung und stärkere Kühlung dazu. Die Leistung fällt zwar nur ein paar Prozent höher aus als bei absoluten Schnäppchen, Ihre Ohren werden Ihnen den Kauf einer leisen Karte wie der Red Dragon jedoch danken. Die Karte wird beim Spielen mit dem OC-BIOS maximal 1,9 Sone laut und kann optional mit dem Silent-BIOS und nur 1,0 Sone Lautheit betrieben werden. Die Leistungsaufnahme liegt unter Volllast bei gut 190 Watt.

Asus RTX 2070 Super ROG Strix A8G

ab ca. € 640,-

Wer eine leise Grafikkarte sucht, die allen Anforderungen inklusive Raytracing gewachsen ist, wird hier fündig.

Nvidias Geforce RTX 2070 war noch vor einem Jahr sehr beliebt, verschwindet nun aber zugunsten ihrer Nachfolgerin RTX 2070 Super vom Markt. Diese entspricht technisch eher einer „RTX 2080 Light" und steht dem teuren (ebenfalls auslaufenden) Modell in kaum etwas nach. Die WQHD-Auflösung mit 2.560 × 1.440 Pixel läuft stets butterweich, außerdem eröffnet Ihnen die Investition in eine RTX 2070S die Option, sich die ersten Spiele mit Raytracing-Effekten anzusehen. Gute, wirklich sehenswerte Showcases sind das Mystery-Actionspiel Control der Max-Payne-Macher, der Ego-Shooter Wolfenstein Youngblood und der Geheimtipp Deliver Us The Moon. Unsere Empfehlung aus dem Hause Asus, um all das bestmöglich zu erleben, ist zwar kein Schnäppchen, aber dafür werkseitig übertaktet, kühl und leise. Maximal 1,8 Sone sind mit dem Performance-BIOS zu verzeichnen und gar nur 0,7 Sone mit dem Quiet-BIOS. Die Leistungsaufnahme beträgt rund 195 Watt.

MSI RTX 2080 Ti Gaming Z Trio

ab ca. € 1.350,-

Das Beste ist Ihnen gerade gut genug? Dann greifen Sie zur ersten Grafikkarte mit 16-GT/s-Speicher.

Nvidias Titan RTX übt als kompromissloses Topmodell mit 4.608 Shader-ALUs und 24 GiByte Speicher zweifellos einen großen Reiz auf Enthusiasten aus – der Preis von 2.750 Euro hinterlässt jedoch bloßes Kopfschütteln. Für etwa die Hälfte dieses Preises erhalten Sie die MSI Geforce RTX 2080 Ti Gaming Z Trio, welche genauso schnell, aber leiser und kühler zu Werke geht. Das hat bereits bei der Vorgängerin, der Gaming X Trio, bestens funktioniert, bei der neuen Gaming Z Trio setzt MSI jedoch noch einen drauf: Als erste Grafikkarte wird sie mit 16-Gbps-Speicher bestückt, welcher mit effektiv 8.000 MHz arbeitet – andere Ti-Modelle setzen auf 14er-RAM mit 7.000 MHz. Zusammen mit dem auf 300 Watt erhöhten Powerlimit und dem voluminösen Triple-Slot-Kühler führt das zu rund zehn Prozent höherer Leistung gegenüber der bereits schnellen Nvidia Founders Edition. Damit sind Sie selbst der Pixel-Königsklasse Ultra HD sowie Raytracing gewachsen.

Schneller Speicher

Zum Glück sind die Zeiten vorbei, in denen der Preis für Flashspeicher direkt proportional zum Bitcoin zu steigen schien. Der Preis pro Gigabyte sinkt wieder und man darf beherzt zur SSD greifen.

Die schnelle Solid State Disk, kurz SSD, hat längst die Magnetfestplatte als Heim für die Windows-Installation abgelöst. Ihr Geschwindigkeitsvorteil beim Booten oder Programmstart ist deutlich spürbar. Der alte Backstein im 3,5-Zoll-Format dient bestenfalls als „Datengrab" – zum Lagern von vielen nicht geschwindigkeitskritischen Daten. Aber selbst diese Funktion macht die SSD ihm streitig, da Flashspeicher immer günstiger werden. Außerdem wuchs die SSD-Kapazität in Dimensionen, die es erlauben, umfangreiche Video-Bibliotheken beherbergen zu können. Viele Modelle sind bereits in einer 1-TByte-Version verfügbar – und auch einige SSDs mit Kapazitäten von zwei oder gar vier Terabyte sind mittlerweile auf dem Markt. Warum die gute alte Magnetplatte noch nicht ein Relikt vergangener Zeiten ist, liegt daran, dass der Preis einer SSD direkt proportional zur Kapazität steigt – im Gegenteil zur HDD, bei der das Gigabyte pro Euro am günstigsten bei hohen Kapazitäten ist. Auch beim Datenmaximum ist die 3,5-Zoll-Festplatte noch immer vorn: Bei SSDs ist bei 4 TByte Schluss, eine HDD aber fasst bis zu 14 TByte an Daten.

Zum Datengrab verdammt

Die Magnetplatten halten also an ihrer Nische als voluminöser Speicher fest, wo es allein auf die Kapazität ankommt. Deswegen und weil es kaum Neuerscheinungen unter den HDDs gibt, widmen wir ihnen hier nicht mehr eine eigene Kategorie und beschränken uns auf SATA- und PCI-Express-SSDs, wo sich stets einiges tut. Die HDD-Entwicklung liegt zwar nicht brach. Die Leistung und auch die Stromeffizienz verbessert sich jährlich in homöopathischen Dosen. Diese sind jedoch weder spürbar noch für den Privatanwender interessant. Filtern Sie getrost Preisvergleiche nach Preis oder Preis pro Kapazität und wählen Sie ruhig eines der günstigsten Modelle. Oftmals sind externe Festplatten auch günstiger als interne, weil sie in höheren Stückzahlen produziert werden. In vielen Spielerechnern wohnt auch keine Magnetfestplatte mehr, da die externe Anbindung per USB einfach praktischer ist.

Externe SSDs: Zu teuer

Genauso wie die (internen) HDDs fristen externe SSDs ein Nischendasein. Auch hier gibt es kaum Neuerscheinungen und nur wenige Modelle, weil der Preis im Vergleich zur externen HDD einfach zu hoch ist. Außerdem kommen externe SSDs nicht über die USB-3.0-Geschwindigkeit hinaus, selbst wenn sie mit den schnelleren Schnittstellen USB 3.1 (Gen. 2) oder Thunderbolt 3 angebunden sind. Die einzige Ausnahme ist die ziemlich teure Sandisk Extreme 900, die schon zwei Jahre auf dem Markt ist. Es gibt also nur wenige Anwendungsfälle, in denen sich externe SSDs lohnen. Meist sind es professionelle Bild- oder Videobearbeitung, wo man schnell große Datenmengen hin und her kopieren muss. Privatanwender sind aber fast immer mit anderen Datenträgern besser bedient. Zwischen USB-Sticks und externen HDDs ist die Nische einfach zu dünn. Daher greifen Sie zu diesen beiden. Wer jetzt aufrüsten möchte, steigt nicht unbedingt von der HDD auf die SSD um, eher vom SATA-Modell im 2,5-Zoll-Format auf die schnellere PCIe-SSD mit aktuellem NVME-Protokoll. Fast alle aktuellen Mainboards haben einen M.2-Sockel, der PCI Express 3.0 x4 bietet. Manche haben einen weiteren, der auch SATA-Modelle im M.2-Format unterstützt. Damit die PCIe-SSD nicht im falschen M.2-Slot landet, hilft ein Blick ins Mainboard-Handbuch. Bei manchen Sockeln handelt es sich um Kombibuchsen, die sowohl SATA als auch PCI-Express bieten. Schon technisch bedingt sind die PCIe-Modelle deutlich schneller als die SATA-Pendants. Das macht sich aber nicht immer in der Praxis bemerkbar. Die hohen MB/s-Angaben der sequenziellen Lese- und Schreibwerte sehen im Datenblatt zwar schön aus, sie haben aber kaum Aussagekraft für die Praxisleistung.

Welchen Sinn ergibt die SSD-Kühlung?

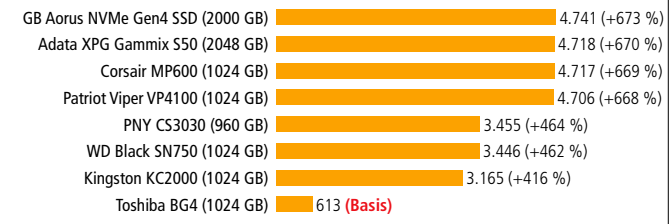
Der Geschwindigkeitsrausch der NVMe-SSDs hat seinen Preis: So manches Modell wird selbst im Leerlauf gerne bis zu 60 Grad warm. Unter konstanter Volllast mit synthetischen Benchmarks – und nur da – steigt die Temperatur rapide an, sodass die Leistung thermisch bedingt gedrosselt wird. Das klingt dramatischer, als es ist. Denn erstens sind bis zum Leistungseinbruch bereits etliche Gigabytes geschrieben oder gelesen und zweitens kommt ein derartiges Datenschaufeln in der Praxis kaum vor. Daher beeinflusst weder eine passive noch eine aktive SSD-Kühlung die Praxisleistung des Speichers. Es gibt andere Gründe dafür – und sei es nur der, daran zu glauben, dass die Lebensdauer mit niedrigeren Temperaturen erhöht wird. Manch einer wird nervös, wenn die wassergekühlte und übertaktete CPU unter Volllast die 30-Grad-Marke übersteigt. PC-Hardware ist also nicht unbedingt immer logisch.

PCI Express 4.0: Neues Nonplusultra

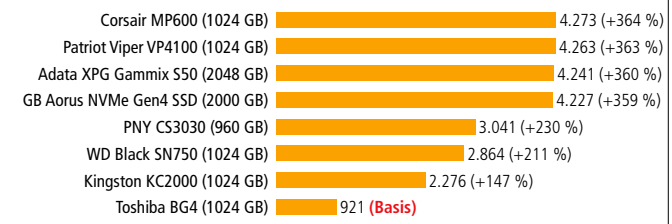
Die Zen 2 Ryzen 3000-Prozessoren von AMD sind die ersten Client-Desktop-CPUs der Welt, welche die PCI-Express-Schnittstelle der Version 4.0 unterstützen, mit der die Bandbreite gegenüber PCIe 3.0 erneut verdoppelt wird. Dies führt zu einer Geschwindigkeit pro Spur von 16 Gbit/s oder 2 GB/s, wodurch die vierspurige Schnittstellengeschwindigkeit für M.2 NVMe-SSDs auf 8 GB/s begrenzt ist. Der aktuell einzige verfügbare Controller, ein Phison E16, schafft immerhin ganz knapp bis zu 5 GB/s. Eine beeindruckende Durchsatzrate, die so aber in der Praxis äußerst selten vorkommt. Nach wie vor ist es die Zugriffszeit, die für eine spürbare Beschleunigung entscheidend ist, da somit das Hochfahren von Windows und Spiele- sowie Programmstarts beim HDD-SSD-Generationenwechsel deutlich verkürzt wurden. Die Zugriffszeiten haben sich aber seit den SATA-SSDs nur unwesentlich geändert, sodass es kein Geheimnis ist, dass auch PCI Express 4.0 bei den SSDs keine Speicherrevolution ist, sondern abermals nur eine weitere kleine Sprosse auf der Leiter der technischen Entwicklung. Wer sich für eine PCI-E-4.0-SSD interessiert und sich nicht in ein spezielles Kühlerdesign verliebt hat, kann rein nach dem Preis gehen. Alle aktuellen Modelle sind hardwareseitig identisch, weswegen die Leistung sich auch kaum unterscheidet.

Theoretische Bis-zu-Leistung

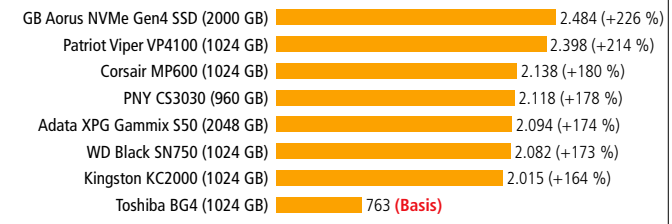
Max. Transferrate Lesen (Atto Disk Benchmark)



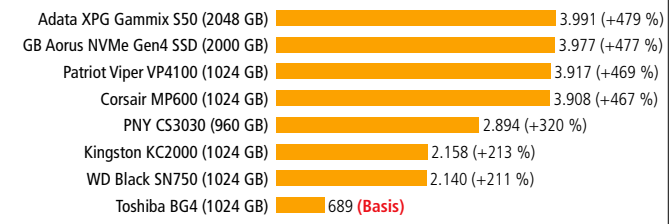
Max. Transferrate Schreiben (Atto Disk Benchmark)



Seq. Transferrate Lesen (AS-SSD 2.0)



Seq. Transferrate Schreiben (AS-SSD 2.0)

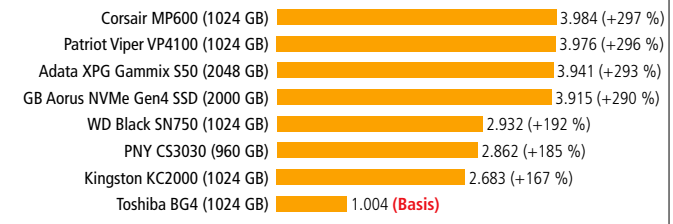


System: Ryzen 7 3800X (8c/16t), 16 GB DDR4-3466, Asus Prime X570-P, GTX 1050
Bemerkungen: PCI-E 4.0 brilliert vor allem in synthetischen Benchmarks. Der Unterschied ist in der Praxis bei weitem nicht so gravierend.

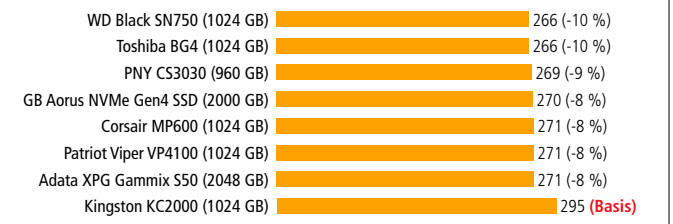
MB/s
▶ Besser

Kopierpraxis: Die Kleinste braucht am längsten

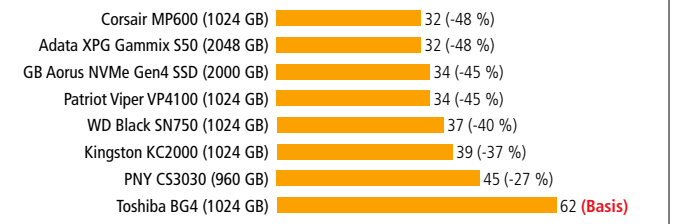
Kompressionsrate Schreiben (1 GB, AS SSD 2.0)



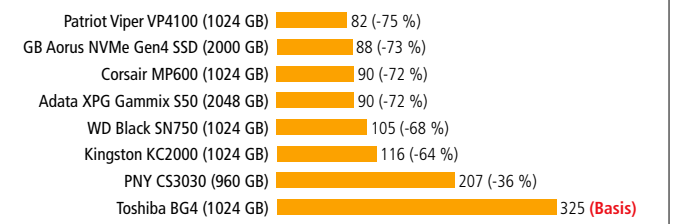
Bilder-Stapelverarbeitung



50,000 Dateien kopieren (10 GB)



120 GB Kopieren (Spieleordner Assassins's Creed: Odyssey)



System: Ryzen 7 3800X (8c/16t), 16 GB DDR4-3466, Asus Prime X570-P, GTX 1050
Bemerkungen: Im Schreiben hängt die winzige Toshiba BG4 etwas hinterher. Der Unterschied zwischen Oberklasse-3.0 und -4.0 ist quasi vernachlässigbar.

Sekunden
◀ Besser

Corsair Force Series Gen.4 PCIe MP600 1TB

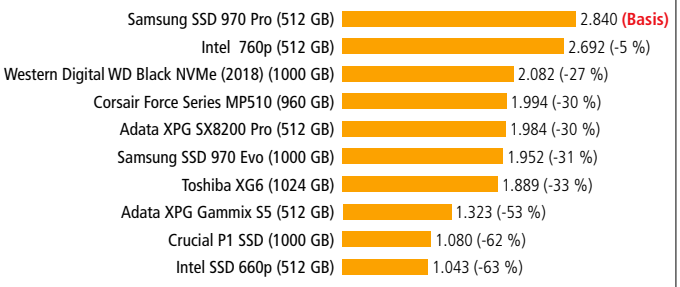
Gigabyte Aorus NVMe Gen4 SSD 2TB

NVMe-SSDs: Geschwindigkeit per PCI-Express 3.0

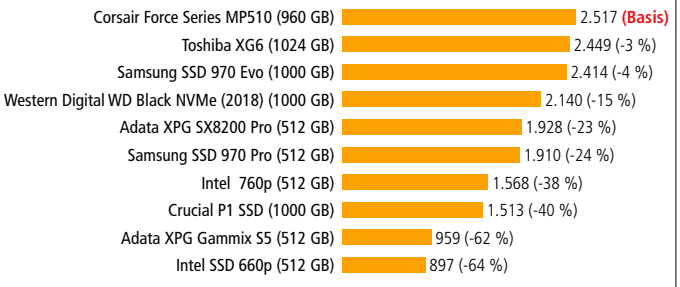
Die fallenden SSD-Preise geben Grund zur Freude: Der Preisanstieg aufgrund der Flash-Knappheit ist überwunden und die Tendenz geht wieder konstant nach unten. Letztes Jahr um diese Zeit haben die NAND-Flash-Hersteller ihre Produktion vom planaren 2D-NAND auf 3D-NAND umgestellt, der mittlerweile ausschließlich in neuen Modellen vorkommt. Dabei werden die Zellen auf den Chip vertikal gestapelt, weswegen der Marktführer Samsung diese Variante auch V-NAND (Vertical NAND) nennt. Das Prinzip ist jedoch stets gleich, egal ob V- oder 3D-NAND: Mit der Zellenstapelung ist eine höhere Dichte auf dem Chip möglich, die weniger beim 2,5-Zoll-Formfaktor, sondern vielmehr bei den kleinen M.2-Platinen relevant ist. Letztere haben sich bei den hier getesteten PCI-Express-Modellen durchgesetzt. Noch immer erscheinen aber einige Hochleistungsmodelle ausschließlich im Steckkartenformat wie etwa eine Intel Optane 900P oder eine Corsair Neutron NX500, die über einen passiven Kühlkörper verfügen, der aber nur scheinbar Sinn ergibt. Denn die meiste Zeit verbringt die SSD im Ruhezustand, in dem sie ohnehin nicht warm wird. Die wohl interessantesten Neuerscheinungen unter den NVME-SSDs sind die 970er-Modelle von Samsung. Mit der 960 Pro hat der Marktführer vor eineinhalb Jahren die Spitzenposition unter den Consumer-SSDs besetzt und mit der 960 Evo die Preis-Leistungs-Führerschaft für sich beansprucht. Andere Modelle hatten es schwer, sich zwischen den beiden zu positionieren. Doch die Konkurrenz hatte nun Zeit, am Monopol zu rütteln. Der Markt wäre nun also nicht mehr ganz so einfarbig, hätte Samsung nicht Ende April letzten Jahres mit den 970ern nachgelegt. Mittlerweile hat auch die 970 Evo (Plus) gute Konkurrenz bekommen. Die Intel SSD 760p etwa oder die neuen Modelle mit schnellem Phison-E12-Controller, allen voran die Corsair MP510, die auch im Preis ziemlich gut abschneidet und daher die Preis-Leistungs-Führerschaft innehat. Mittlerweile gibt es aber eine Reihe an Alternativen zum ehemaligen Platzhirsch namens Samsung 970 Evo, die sich von diesem nur in Nuancen im Preis oder hinsichtlich der Leistung unterscheiden. Der HDD-Hersteller Western Digital beispielsweise aktualisiert seine PCI-E-Modelle, die WD Black SSD, ebenso regelmäßig mit aktuellem Flash-Speicher. Oder Crucial: Lange Zeit nur mit SATA-Modellen auf dem Markt, gibt es nun mit der P1 mittlerweile die erste NVMe-SSD der Marke, die gleichzeitig die erste NVMe-SSD mit neuem QLC-Flash ist. Mit vier statt drei Bit pro Zelle steigt die Speicherdichte, was die SSD insgesamt etwas günstiger, wenn auch nicht schneller, werden lässt. Auch die Modelle vom Underdog Adata sind nicht schlecht, nur ist aktuell das Preis-Leistungs-Verhältnis noch nicht konkurrenzfähig.

PCI-E-SSDs: Synthetische „Bis zu"-Leistung

Sequenzielle Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Sequenzielle Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten

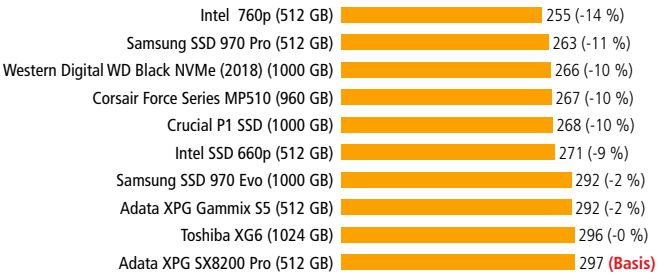


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Samsung hat ordentlich Konkurrenz bekommen und ist nicht mehr überall an der Spitze.

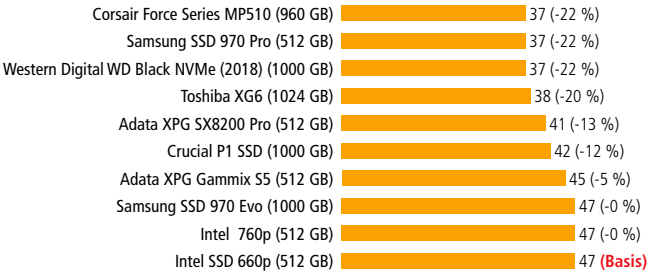
MB/s
▶ Besser

Praxisleistung der PCI-E-SSDs

Skalierung von 2.500 Bildern



Kopiertest, 10 GiB, 50.000 Dateien



System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Corsair hat Samsung im Kopieren vom Thron gestoßen und tritt in Konkurrenz zur Samsung SSD 970 Evo und zur Intel SSD 760p.

Sekunden
◀ Besser

Corsair Force MP510 (960 GB)

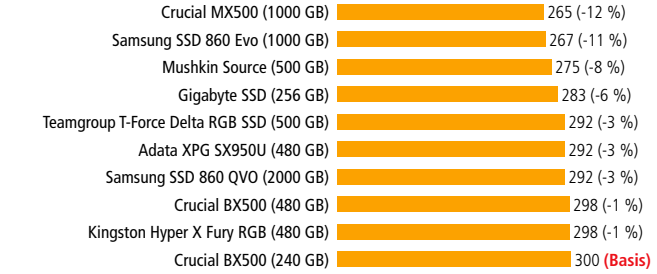
Adata XPG SX8200 Pro (512 GB)

SATA-SSDs: Gut, günstig und fast genauso schnell

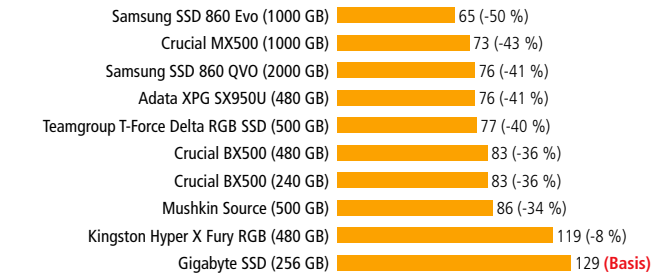
Von Preis-Kapriolen abgesehen, tut sich wenig in der Kategorie der SATA-SSDs. Sie haben die Leistungsgrenze in Lese- und Schreibwerten um die 550 MB/s längst erreicht. Weil die höhere Liga der PCI-E-SSD noch vergleichsweise teuer und noch nicht jeder mit entsprechendem M.2-Port gesegnet ist, kommen nur wenig neue Modelle auf den Markt. Bei den SATA-SSDs dominiert Samsung den Markt, hier mit der 860 Evo, die ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet, und mit der 860 Pro, die mit guter Leistung und Haltbarkeit bzw. Garantie die Bestnote unseres Testsystems erobert hat. Dafür kostet sie auch fast das Doppelte eines günstigen Modells. Außerdem hat Samsung leider die Garantiedauer auf die standardmäßigen fünf Jahre gekürzt – beim Vorgänger waren es noch zehn Jahre, die den Preis hauptsächlich rechtfertigten. Die 860 Evo hat zudem direkte Konkurrenz von der Crucial MX500, die nahezu identisch ausgestattet ist und die sich mit dem Marktführer stets um die Preis-Leistungs-Führerschaft streitet – je nach aktuellem Straßenpreis. Der Zuschlag für die PCI-Express-Königsklasse ist zwar etwas geschmolzen, ist aber noch immer vorhanden: Im Preis pro Gigabyte kostet so ein Modell ungefähr noch um die Hälfte mehr. Eine Samsung SSD 970 Evo oder auch Intel 760p mit 1 TB schwankt im Preis um die 190 Euro, während eine Samsung SSD 860 Evo oder eine Crucial MX500 circa 110 bis 125 Euro kostet. In den Praxis-Benchmarks vergleichen wir gerne die PCI-Express-SSD Samsung 970 Evo mit beliebten SATA-Modellen. Während sie die SATA-SSDs in synthetischen Benchmarks um ein Vielfaches überholt, ist der Unterschied in Ladezeiten von Spielen oder Stapelverarbeitungen von Anwendungen nicht mehr ganz so riesig. Bestenfalls im Kopiertest mit großen Datenmengen ist noch ein deutlicher Unterschied festzustellen. Für die meisten Privatanwender, wozu auch Gamer zählen, haben SATA-SSDs daher aktuell noch immer das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis. Nicht nur die Leistung zählt, manch ein günstiges Modell spart etwa an der Garantiedauer (drei statt fünf Jahre) oder am DRAM-Cache, der die Lebensdauer der SSD etwas erhöht. Der DRAM-Cache etwa ist der Unterschied zwischen den beiden Crucial-Modellen BX500 und MX500. Die BX500 ohne Cache ist nur wenige Euro günstiger, daher empfehlen wir sie nur für schreibarme Office-Rechner oder wenn es auf jeden Cent ankommt. Für den Gamer wie für den ambitionierten Power-User empfehlen wir stets, die paar Euro mehr in den DRAM-Cache und die fünf Jahre Garantie zu investieren. Übrigens: Viele populäre SATA-Modelle (MX500, 860 Evo) gibt es auch im praktischen M.2-Formfaktor, sodass man hier zwei Kabel im Gehäuse spart.

Praxisleistung der SATA-SSDs

Skalierung von 2.500 Bildern



Kopiertest, 10 GiB, 50.000 Dateien

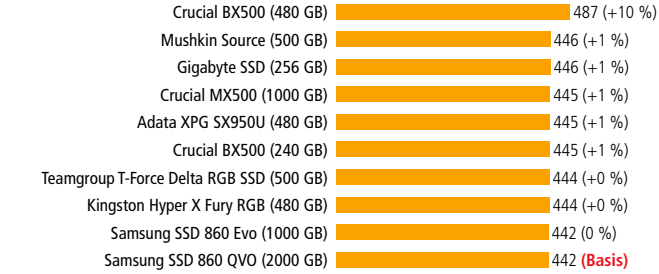


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Größere SSDs sind aufgrund mehrerer Anbindungen zum Controller oft etwas schneller beim Kopieren.

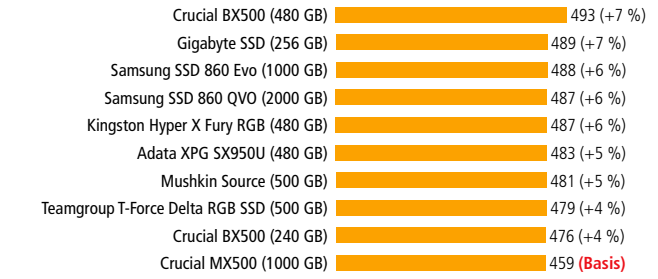
Sekunden
◀ Besser

SATA-SSDs: Synthetische „Bis zu"-Leistung

Sequenzielle Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Sequenzielle Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten

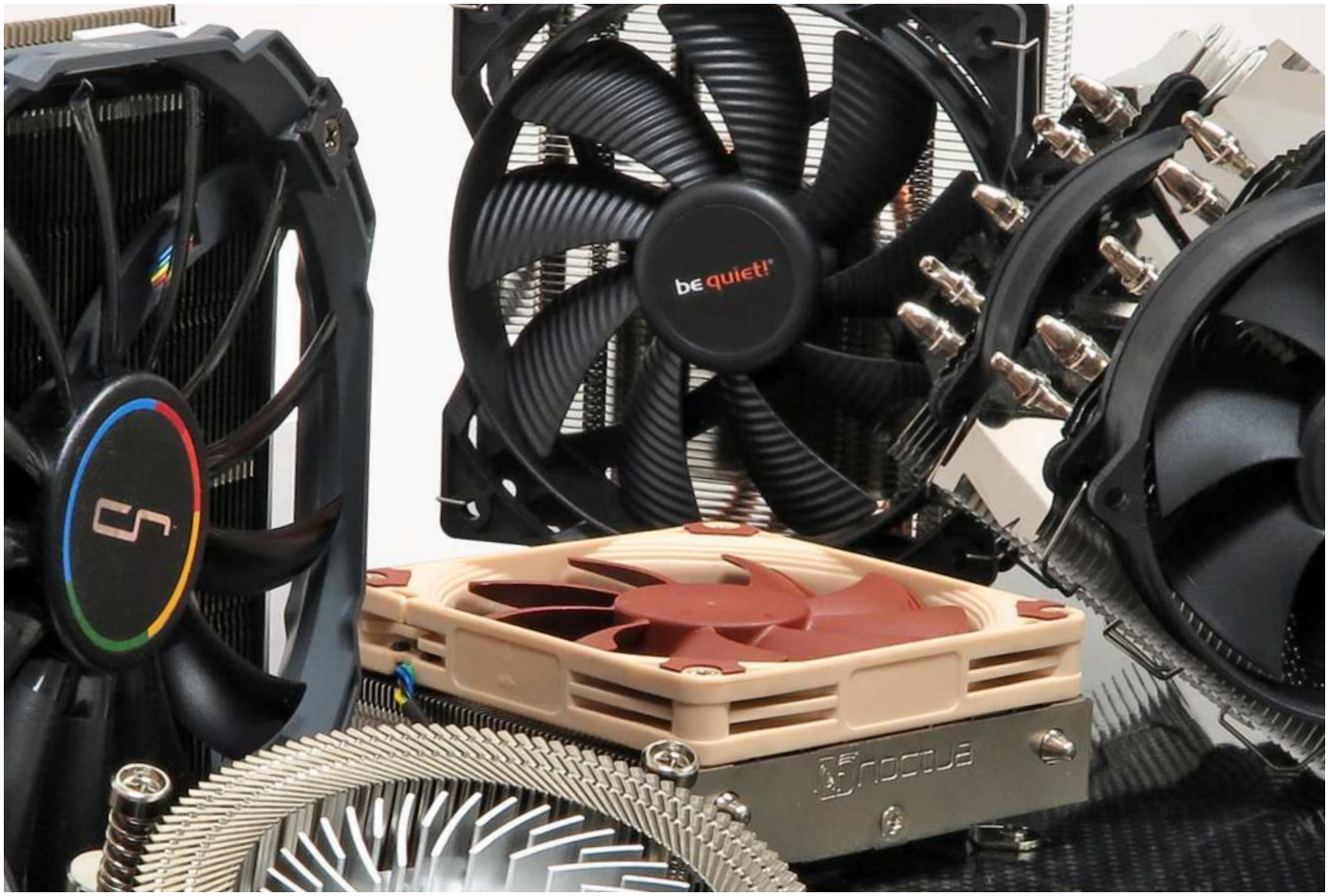


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Kaum Unterschiede in der theoretischen Spitzenleistung

MB/s
▶ Besser

Crucial MX500 (1 TB)

Samsung SSD 860 QVO (2 TB)



Prozessorkühlung

Moderne CPUs werden immer schneller, setzen aber auch immer mehr Strom in Wärme um. Ohne den richtigen Kühler drohen Leistungseinbrüche – oder Gehörschäden.

Unsere CPU-Empfehlungen haben ein Detail vernachlässigt: Viel Rechenleistung liefern Prozessoren nur, wenn sie nicht überhitzen. Sonst greifen Sicherheitsschaltungen, die Arbeitsfrequenz sinkt weit unter den Basistakt. Schon lange vorher bremsen Hohe-aber-noch-nicht-zu-hohe-Temperaturen Turbo-Modi aus, sodass man zwar noch die garantierte Basisleistung erhält, aber nicht das von Benchmarks versprochene Maximalniveau.

TDP? Interessiert nicht

Kühler sollen solche Probleme verhindern und um den richtigen zu finden, gibt es die Thermal Design Power. Eigentlich. Laut Definition gibt diese Größe an, welche Wärme ein CPU-Kühler abführen muss, damit alles ordnungsgemäß arbeitet. Wie bereits angedeutet, ist „ordnungsgemäß“, also der Basistakt, aber nur die halbe Miete. Und dass ein „für 125 W TDP“ konzipierter Kühler bei einer abzuführenden Heizleistung von 125 W noch mit annehmbarer Lautstärke zu Werke geht, hat auch niemand festgelegt – dafür Vorgaben zur Gehäuse-Innentemperatur, die man im Hochsommer kaum einhalten kann. Zum Ausgleich dieser Defizite braucht es in der Praxis also einen Leistungsüberschuss und auch sonst ist die Kühlerwahl komplexer, als TDP-Angaben suggerieren.

Lauter als laut geht, kälter als kalt nicht

Aufseiten der Kühler ist hierbei die Lüfterdrehzahl der Dreh- und Angelpunkt. Mit einem ausreichend starken Lüfter könnte nämlich beinahe jeder Kühlkörper beinahe alles kühlen. Aber auch das beste Lüfterdesign ändert nur wenig daran, dass bewegte Luft Geräusche macht. Die Kunst beim Kühlerbau liegt darin, mit möglichst wenig Luftbewegung möglichst viel Wärme abzuführen. Leistungsangaben und -testergebnisse sind also unter Beachtung der damit einhergehenden Lautheit zu interpretieren.

Gute Produkte zeichnen sich durch eine möglichst hohe Effizienz, also Kühlleistung pro Lautheit aus, nicht durch eine hohe Maximalleistung. Einige Oberklasseprodukte verzichten sogar ganz auf die Option zu einem lauten Betrieb, der die ohnehin gute Kühlleistung wegen physikalischer Grenzen kaum weiter steigern würde, und versprechen dann „nur“ die Kühlleistung von Billigangeboten mit extra starkem Lüfter. Während man Letztere aber für ein erträgliches Geräuschniveau auf einen Bruchteil ihrer Maximalleistung drosseln muss, lassen sich große Silent-Kühler auch im Alltag voll ausfahren.

Der angemessene Kühler

Eine Daseinsberechtigung haben kleine Kühler trotzdem. In Mini-PCs fehlt der Platz, bei Budget-Builds das Geld für High-End-Kolosse und deren Montage ist auch oft umständlich, ihr Gewicht für sichere PC-Transporte zu hoch. Genügsame CPUs und Anwendungsszenarien brauchen zudem einfach nicht so viel Kühlleistung. Die folgenden Temperaturangaben beziehen sich beispielsweise immer auf ein 150-W-Testsystem und eine Luft-Ansaugtemperatur von 20 °C, 50-W-CPUs wären deutlich kälter.

Scythe Fuma 2

Kompakt, sehr leicht zu montieren und auch bei reduzierter Lautheit für fast alle Anwendungen stark genug – unser Universalsieger.

Eben gerade noch haben wir gesagt, dass ein guter Kühler vor allem gute Temperaturen ermöglichen soll, ohne dafür viel Lärm erzeugen zu müssen und schon weichen wir von dieser Linie ab: Der Fuma 2 führt die PCGH-Rangliste vor allen deswegen an, weil er sehr einfach in der Handhabung ist (nicht einmal die Lüfter müssen für seine Endmontage abgenommen werden) und in beinahe jedes System passt, das auch einer aufrecht stehenden Grafikkarte Platz bietet. Aber natürlich können diese Stärken in der B-Note nur deswegen den Ausschlag geben, weil er auch ziemlich gut kühlt: Wir messen 49,5 °C CPU-Temperatur und 1,1 Sone bei der maximalen Drehzahl, entsprechend kaum schlechtere 50,5 °C in der standardisierten 1,0-Sone-Messung. Stark gedrosselt büßt der Kühler zwar zunehmend an Effizienz ein, im Leerlauf zählt aber ohnehin eher die mögliche Minimaldrehzahl (25 Prozent/320 U/min) und weniger die verbleibende Leistung.

Be Quiet Dark Rock Pro 4

Lüfter vom Silent-Spezialisten und ein großer Kühlkörper – der Dark Rock Pro 4 verspricht viel und hält dieses Versprechen auch.

Allgemein ist der schwarz beschichtete, etwas kratzempfindliche Dark Rock Pro 4 ein typischer Be-Quiet-Kühler: Nicht der günstigste, aber haptisch hochwertig. Das eigentliche Highlight sind allerdings die Lüfter. Zwar entsprechen diese nicht den einzeln verkauften Silent Wings 3, sie bieten aber Be Quiets bewährte Aerodynamik. Dem Dark Rock Pro 4 verhilft diese zu einem sehr guten Wert in unserer 1.0-Sone-Messung (49,8 °C) – und das ist nicht einmal der Sweetspot des relativ leise abgestimmten Riesen-Kühlers (maximal 1,4 Sone, ergeben 48,5 °C). Dieser skaliert auch mit gedrosselter Lüfterdrehzahl noch sehr gut, kann sein Potenzial also in Silent-Systemen umsetzen – wenn diese genug Platz für den großen Kühler bieten und der Anwender mit der umständlichen Montage zurechtkommt: Der zentrale Lüfter kann erst nach Montage des Kühlers von der Seite her eingesetzt werden, was nur außerhalb des Systems oder ohne Grafikkarte möglich ist.

Deepcool Assassin III

Maximale Leistung, maximale Effizienz, maximaler Platzverbrauch, maximales Gewicht, maximaler Preis – minimale Kompromisse.

Deepcool hat den Assassin III mit nur einem Ziel entwickelt: Den jahrelang als Referenz für Kühlleistung geltenden Noctua NH-D15 von seinem Thron zu stoßen. Und das ist geglückt – mit erheblichem Aufwand. Der Assassin III ist nicht nur der stärkste Luftkühler in unserer Testdatenbank, sondern auch der effizienteste. 48,6 °C messen wir bei 1,0 Sone – gegen Deepcools Dual-140-mm-Tower müssen selbst viele 2×-120-mm-Kompaktwasserkühlungen einpacken. Dreht man die Lüfter voll auf, sind sogar 46,6 °C möglich, allerdings bei deutlich hörbaren 3,2 Sone. Übertakter werden die Maximalleistung dennoch gerne für kurzfristige Tests nutzen und den mittleren Leistungsbereich für den Dauerbetrieb. Mit auf Minimalleistung gedrosselten Lüftern verlieren die großflächigen, aber eng stehenden Lamellen des Assassin III dagegen ihren Vorteil gegenüber dem Dark Rock Pro 4, sodass sich die Investition nicht für jeden lohnt.

Alpenföhn Brocken 3 White Edition

Nicht ganz dasselbe in weiß – sondern etwas mehr: Als White (alternativ: Black) Edition erhält der Brocken 3 einen extra Lüfter.

Der Brocken 3 aus dem Hause Alpenföhn ist seit Langem ein beliebter Kühler in der oberen Mittelklasse. Nur wenige Single-Tower-Designs bieten ein höhere Effizienz und der Serienlüfter arbeitet von Haus aus in einem angenehmen Lautheitsbereich. Mit einem zweiten Lüfter auf der Rückseite ausgestattet, verschiebt sich dieser etwas nach oben, ohne zunächst spürbar mehr Leistung zu erzielen: 52,2 °C bei 1,2 Sone sind gegenüber 52,5 °C bei 1,0 Sone (normaler Brocken 3) kein Fortschritt. Aber auf 1,0 Sone gedrosselt erzielt die White Edition weiterhin 52,2 °C und mit sinkender Drehzahl wird EKLs Kalkulation immer klarer: Der zweite Lüfter verhilft nicht zu mehr Spitzenleistung, sondern reduziert den Leistungsverlust bei sinkender Luftbewegung. Im Ultra-Silent-Bereich deutlich unter 0,1 Sone bleibt der absolute Abstand zwischen dem Brocken 3 White Edition und teureren Kühlern dann quasi gleich, während der relative Abstand immer weiter schrumpft.

Scythe Kotetsu Mark II

Scythe weiß: Hohe Effizienz ermöglicht auch kleinen Kühlern relativ gute Temperaturen, ohne dass es zu laut wird.

Das schlanke 120-mm-Design des Kotetsu Mark II erinnert an den Fuma 2 aus gleichem Hause und tatsächlich teilen sich beide das gleiche Lüftermodell. Mit nur einem Exemplar und kleineren Lamellen spielt der Kotetsu aber eine Klasse tiefer: 53,0 °C bei maximal 0,9 Sone sind eher auf Niveau des normalen Brocken 3; verglichen mit der 140-mm-Konkurrenz verliert Scythe aber mehr an Leistung, wenn man den Lüfter weiter drosselt. Dafür zahlt man für den Kotetsu weniger, benötigt weniger Platz im System (insbesondere gegenüber der sehr langen White Edition) und muss sich beim Transport weniger um das Gewicht sorgen. Allerdings nur in AMD-Systemen, Scythes Intel-Halterung belastet den Prozessor dagegen schon ohne Erschütterungen mit 400 N Anpresskraft. Das ist exakt die Grenze, jenseits derer wir keine Empfehlung mehr aussprechen würden. Musterschüler EKL dagegen bleibt mit 170 bis 190 N sogar unter der Intel-Spezifikation (bis 222 N).

Arctic Freezer 34

„Billig" ist nicht das Gleiche wie „günstig"; nur wenige beherrschen den Verzicht auf Überflüssiges so geschickt wie Arctic.

Wer eine besondere Optik oder viel Zubehör sucht, ist bei Arctic an der falschen Adresse. Der Karton des Freezer 34 beeindruckt allenfalls durch Minimalismus und enthält nicht einmal eine gedruckte Anleitung. Dafür aber einen Kühler, der mit 51,5 °C im 1,0-Sone-Test (51,0 °C bei 1,1 Sone maximal) alle anderen von uns getesteten 120-mm-Modelle schlägt und, trotz leichter Resonanzen bei einigen Drehzahlen, auch gedrosselt gut mithält. Allgemein empfehlen können wir den günstigen Freezer 34 dennoch nur für Sockel-AM4-Systeme: Die ursprüngliche Sockel-115X-/1200-Halterung drückt mit bedenklichen 510 N auf die Prozessoren und kann Mainboards zerkratzen. Arctic wollte beide Probleme ab Sommer 2019 mit Unterlegscheiben lösen, verschickte aber selbst noch im Spätherbst fehlerhafte Muster und hat weder die erste Produktionscharge zurückgerufen noch die zweite so gekennzeichnet, dass eine gezielte Bestellung der Neufassung möglich wäre.

Cooler Master Hyper 212 Black Edition

Unregelmäßigkeiten können aus einem „Sehr gut" ein „Gut" machen, schieben aber keinen empfehlenswerten Kühler aufs Abstellgleis.

Unsere dritte 120-mm-Single-Tower-Empfehlung ähnelt in vielen Punkten der ersten: Die Abmessungen des Hyper 212 sind nah an denen früherer „400"er-Cooler-Master-Modelle, der ganze Kühler ist ein direkter Konkurrent zu Scythes Kotetsu II. Diesem gegenüber punktet er mit einer unbedenklichen Halterung (260 N) und, in der Black Edition, mit dem namensgebenden, edlen Äußeren. Dazu kommen eine höhere Maximalkühlleistung (51,6 °C bei 1,3 Sone) und akzeptable Effizienz (53,2 °C bei 1,0 Sone) sowie ein weiter Regelbereich. Leider lässt sich Letzterer aber nur abschnittsweise nutzen: Bei mehreren Testmustern beobachteten wir Eigenresonanzen im Lüfter. Diese heben die Lautheit über 20–40 U/min breite Bereiche um bis zu 30 Prozent an. Stellt man die Lüftersteuerung einen Tick höher oder niedriger ein, lässt sich der Effekt komplett vermeiden, derartige Eingriffe bedeuten aber zusätzlichen Aufwand für den Nutzer.

Be Quiet Pure Rock (2)

Guter Vorgänger, besserer Nachfolger?

Mit 56,2 °C bei 1,0 Sone und minimal 55,5 °C (bei 1,4 Sone), vor allem aber aufgrund seines geringen Leistungsverlustes bei Drosselung, war der vergleichsweise hochwertige, auf einem Preisniveau mit Cooler Master agierende Pure Rock lange Zeit unsere Alternativempfehlung zu den billigen Arctic Freezer. Beim jetzt auch in Schwarz erhältlichen Nachfolger (rechts) hat Be Quiet Lamellenform und CPU-Kontaktfläche überarbeitet, ein PCGH-Test steht aber noch aus.

Bild: Be Quiet

Kompaktwasserkühlungen

CPU-Luftkühler, die am Stück direkt über dem Prozessor montiert werden, sind simpel im Aufbau, in der Handhabung bekannt und zumindest teilweise sehr günstig. Wie bereits angedeutet, skaliert das Potenzial eines Kühlers aber mit seiner Größe – will man die Wärme nicht über einen stärkeren, lauteren Luftstrom abführen, hilft nur mehr Lamellenoberfläche und der Raum für diese ist in CPU-Nähe knapp.

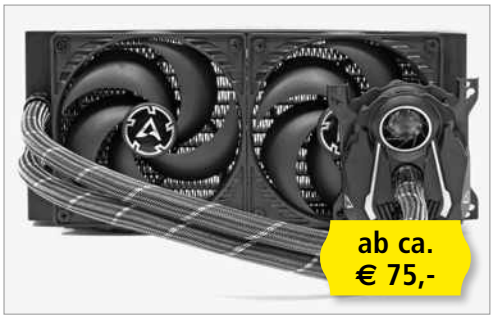
Wasserkühlungen lagern die Wärmeabgabe an die Luft deswegen aus: Ihre Lamellen sind zu einem separaten Radiator zusammengefasst, der dank flexibler Schläuche statt starrer Heatpipes an beliebiger Stelle platziert wird. So kann Freiraum im Gehäusedeckel oder der Front für eine deutlich größere Oberflächen genutzt und so die Kühlleistung verbessert werden. Diesen Vorteil muss man aber auch nutzen: Mit weniger als zwei 120-mm-Lüftern auf dem Radiator lässt sich kein Dual-140-mm-Luftkühler schlagen.

Individuell zusammengestellte, modulare Wasserkühlungen würden den hiesigen Rahmen sprengen und erfordern auch Vorwissen und Bastelgeschick. Als Kompaktwasserkühlung, oft missverständlich „All in One“ genannt, gibt es das Konzept aber auch deutlich günstiger und vorgefüllt. Die Montage dieser Einheiten ist teilweise sogar leichter als bei High-End-Luftkühlern. Als einziger Nachteil verbleibt so die zusätzliche Geräuschentwicklung der Pumpe, welche bei vielen Produkten eine Mindest-Geräuschentwicklung vorgibt. Nur wenige Modelle können neben „laut und sehr stark“ auch „leise und angemessen“, zumal die beiliegenden Lüfter selten Silent-optimiert sind. *(tv)*

Liquid Freezer II 240

Wer am leisesten, am stärksten und am günstigsten ist, ist automatisch auch am empfehlenswertesten.

Bereits die erste Liquid-Freezer-Generation war sehr gelungen, die aktuelle Baureihe behebt die letzten verbleibenden Makel: Mit 64 mm Dicke passt der Radiator in wesentlich mehr Gehäuse und mit 0,1 Sone inklusive Resonanz des zwangsläufig darunter liegenden Mainboards kann die Kühler-Pumpeneinheit auch leise arbeiten. Geblieben ist die sehr gute Leistung. 44,6 °C (im Falle des Dual-120-mm-Modells) maximale Kühlleistung unterbietet kein Luftkühler, erst recht nicht bei 2,0 Sone. Auf 1,0 Sone gedrosselt steigt die Temperatur unserer 150-W-Test-CPU nur auf 45,7 °C – wer die Liquid Freezer II ausreizen möchte, sollte also ruhig etwas mehr Heizleistung mitbringen. Als Bonus gibt es intergriertes Kabelmanagement für die Radiator-Lüfter und einen (absteckbaren) Mini-Luftbeweger für das CPU-Sockel-Umfeld.



Alphacool Eisbaer 240

Der Sprung von kompakten zu modularen Wasserkühlungen ist groß, aber es gibt Lückenfüller.

Alphacool ist mit Wasserkühlungs-Kits für Bastler groß geworden und die gewonnene Erfahrung merkt man der Eisbaer an: Dank eines Kupfer-Radiators ist sie nicht zwingend auf Korrosionsschutz angewiesen und Wasser kann nachgefüllt werden, sodass ihre Lebensdauer im Gegensatz zu anderen Kompaktwasserkühlungen nicht durch wegdiffundierende Flüssigkeit auf einige Jahre begrenzt ist. Außerdem kommen durchgängig standardisierte Anschlüsse zum Einsatz, sodass der Kreislauf bei Bedarf erweitert werden kann. Die von uns zum ersten Mal 2016 gemessene Leistung ist dagegen nicht mehr revolutionär: 47,2 °C bei 3,3 Sone und 47,2 °C bei 1,0 Sone. Dafür darf die Pumpe offiziell und dauerhaft auf 7 V gedrosselt werden, was für das Qualitätsurteil „0,1 Sone in montiertem Zustand“ reicht.

Cooler Master Master Liquid ML240P Mirage

Wasserkühlungen bieten nicht nur besondere Kühleigenschaften, sondern auch eine besondere Optik.

An auffälligen Namen mangelte es Cooler Masters „Master Liquid“-Produkten nie, bei der Mirage kommt eine passende Optik mit reichlich ARGB-LEDs hinzu. Entsprechende Lüfter und eine USB-Ansteuerung könnte man, gegen entsprechende Kosten, natürlich auch bei unseren bisherigen Empfehlungen nachrüsten, aber eine optisch aufwendige Pumpeneinheit muss man direkt mitkaufen. Deren Lautheit ist das zweite Mirage-Highlight und bereits im Auslieferungszustand die zweitniedrigste, die wir je gemessen haben. Nutzt man zusätzlich die Drosselungsmöglichkeiten, wird die Pumpe unmess- und selbst für sehr empfindliche Ohren unhörbar. Auf knapp 0,1 Sone aufgedreht ermöglicht sie 47,4 °C bei 2,4 Sone Lüfterlautheit und 49,1 °C bei 1,0 Sone. Die Mirage-Lüfter sind also nicht rekordverdächtig, aber auch keine Optikblender.

(Gehäuse-)Lüfter

Wenn es gratis beiliegt, ist es selten gut: Diese Regel gilt oft auch für die Lüfter-Serienausstattung von Kühlern und insbesondere Gehäusen. Zum Glück bietet der Retail-Markt reichlich Alternativen.

CPU- und GPU-Kühler bringen meist passende Luftbeweger mit. Aber nicht immer in maximaler Qualität, bei Gehäusen sogar ziemlich selten, und auch eine Vollbestückung der PC-Behausung gehört selten zum Lieferumfang. Rein von der Kühlleistung her sind so viele Lüfter natürlich auch nur selten nötig. Manchmal ist es aber schon aus optischen Gründen wünschenswert, Lüfteröffnungen gleichmäßig zu bestücken und oft ist es akustisch von Vorteil: Mehr Lüfter können die benötigte Luftmenge nicht nur bei geringeren Drehzahlen und damit leiser bewegen, sondern geben auch mehr Kontrolle über den Luftstrom. So gibt es bei vielen Gehäusen einen Hohlraum zwischen oben liegenden Lüftern und dem eigentlichen Gehäusedeckel beziehungsweise zwischen Front-Lüftern und einer davor liegenden Blende. Steht dieser Zwischenraum über mehrere unbelegte Lüfteröffnungen mit dem Gehäuseinneren in Verbindung, besteht die Gefahr eines Kreislaufs: Durch enge Lüftergitter oder schmale Spalten am Rand kann Luft schlechter nachströmen oder entweichen als durch die ungenutzten Lüfterplätze. Wer hier denkt, dass „ein etwas stärkerer Lüfter doch reicht“, der wälzt gegebenenfalls nur zunehmend wärmere Luft zwischen verschiedenen Bereichen des Gehäuseinneren hin und her, befördert aber kaum Abwärme nach draußen oder kühle Frischluft in den PC hinein.

Wann ist ein Lüfter gut?

Aber nicht nur die Luftführung und die durchströmte Querschnittsfläche in Form der Lüfteranzahl entscheiden über die Güte einer Kühllösung. (Für die Luftströmung um einzelne Kühlkörper gelten übrigens ähnliche Aspekte wie für die Gehäuselüftung.) Auch die Aerodynamik der Lüfter selbst kann zwischen guten und schlechten Modellen einen Unterschied von 20 bis 50 Prozent in der Lautheit bei der gleichen Menge bewegter Luft machen. Außerdem sind viele Lüfter für bestimmte Drehzahlbereiche optimiert – ein Lüfter, der mit hoher Drehzahl effektiver kühlt als sein Kollege, kann diesem in gedrosseltem Zustand durchaus unterlegen sein. Im Ultra-Silent-Betrieb werden außerdem Nebengeräusche wichtig: Arbeiten Antrieb und Lager lautlos? Einem Power-Lüfter ist das egal, da das Luftrauschen ohnehin alles übertönt, aber gerade für hohe Leistungen geeignete Lager fallen in PCGH-Tests oft negativ auf. Die Eier legende Wollmilchsau ist eben nicht immer möglich – und nie günstig.

Allgemein raten wir aber, bei Lüftern nicht zu geizig zu sein. Preisunterschiede von 500 Prozent zwischen den billigsten und teuersten Modellen klingen zwar drastisch, entsprechen absolut aber nur ein paar Euro und qualitativ hochwertige Lüfter können, verglichen mit beispielsweise Grafikkarten, sehr lange genutzt werden. *(tv)*

Noctua NF-A12x25 PWM (120 mm)

Lüfter sind viel älter als der PC, große Fortschritte kaum noch möglich. Entsprechend sensationell war und ist Noctuas Top-Modell.

0,4 Notenpunkte beträgt der Abstand zwischen NF-A12x25 PWM und dem Zweitplatzierten der PCGH-120-mm-Bestenliste – und das ist der Vorgänger NF-F12 PWM. Zum Vergleich: Von Letztgenanntem bis zum Preis-Leistungs-Tipp von Arctic sind es nur 0,2 Notenpunkte, der Vorsprung des NF-A12x25 auf die Konkurrenz ist also riesig. Der Noctua-typisch umfangreiche, bei diesem Preis aber auch zu erwartende Lieferumfang und der weite Regelbereich (230 bis 2.110 U/min) haben daran nur einen kleinen Anteil. Auch den komplett nebengeräuschfreien Antrieb kennen wir so schon vom NF-F12 und dem NF-A14 und die Leistung ebenfalls näherungsweise von Letzterem. Moment: Ein 140-mm-High-End-Lüfter erreicht „näherungsweise" die Leistung dieses 120-mm-Exemplars? Exakt: 7,9 K bei 1,8 Sone erreichen selbst deutlich größere Modelle nur selten und auch gedrosselte 10,1 K bei 0,7 Sone macht dem NF-A12x25 so leicht kaum ein anderer 120er-Lüfter nach.

Noiseblocker Eloop B12-PS (120 mm)

Aerodynamik-Optimierung ist der Schlüssel zu viel Leistung bei wenig Krach – und Noiseblocker der Meister dieses Fachs.

Noiseblockers Eloops verlängern die Spitzen eines Lüfterblattes bogenförmig zum nachfolgenden und verhindern so laute Verwirbelungen an den Blattenden: Ohne Blattenden sind 10,9 K Differenztemperatur zwischen angesaugter Luft und zu kühlendem Medium bereits bei 0,8 Sone möglich, gedrosselt 14,1 K bei 0,2 Sone. Das reichte lange für die 120-mm-Leistungsspitze, auch wenn die auf ein intelligentes Kabelmanagementsystem reduzierte Ausstattung und der engere Regelbereich (400 bis 1.430 U/min, bei der „X"-Variante ggf. mehr) die B-Note drücken. Die Eloop sind sogar effizient genug, um zwischen 0,1 und 0,5 Sone den deutlich teureren NF-A12x25 zu schlagen – wenn kein Hindernis den Weg versperrt. Vorverwirbelte Luft stört die hochoptimierte Aerodynamik dagegen. Im blasenden Betrieb auf Kühlern oder zur Gehäuseentlüftung sind die Eloops dagegen jeden Cent wert, auf der Saugseite muss man aber 5 bis 20 mm Abstand zu Staubfiltern einplanen.

Arctic P-12 PWM PST Black (120 mm)

Auch bei Lüftern entwickelt sich Arctic vom Preis-Leistungs-Champion zum Premium-Preisbrecher weiter.

Als wir den NF-A12x25 für seinen „weiten" Regelbereich gelobt haben, kam Arctics P-12 vermutlich vor Lachen ins Rotieren: Seine Minimaldrehzahl liegt bei händisch zählbaren 90 U/min, das sind 5 Prozent des Maximalwertes von 1.800 U/min! Dank geringer Nebengeräusche ist dieses Ultra-Silent-Potenzial auch praktisch nutzbar, wenn quasi gar keine Kühlleistung benötigt wird. Ist dies doch der Fall, wird der P-12 mit maximal 1,5 Sone nie wirklich laut, aber ausreichend stark (9,8 K) und auch gedrosselt (13,0 K bei 0,4 Sone) ist seine Effizienz ansehnlich. Noctua und Noiseblocker schlägt man so zwar nicht, aber es reicht für die viertbeste 120-mm-Leistungsnote insgesamt. Die bis auf den Lüfter praktisch leere Pappschachtel zieht die Endnote zwar auf Platz 6 herunter, ermöglicht aber auch das dritte Special-Feature des P12: Trotz der Oberklasse-Leistung ist er so günstig zu haben, dass praktisch alle anderen Lüfter außer den High-End-Spezialisten überflüssig werden.

Enermax SquaRGB (120 mm)

Lüfter sollen nicht mehr nur kühlen, sondern sind in immer mehr Fällen auch wichtiger Teil des Gehäuse-Innendesigns.

Beleuchtete Lüfter gibt es seit 20 Jahren, aber erst seit Kurzem wird die Beleuchtung auch gezielt mit eingeplant, was optisch wesentlich ansprechenderere Ergebnisse liefert als ein paar lieblose LEDs in seitlichen Bohrungen. Enermax' SquaRGB erheben das Rahmendesign sogar zu oberen Priorität, wie der Name andeutet. Zwar ist der nach vorn milchig-transparent und nach hinten strukturiert-funkelnd strahlende Leuchtstreifen nicht quadratisch („square"), aber definitiv mit reichlich ARGB-LEDs ausgestattet. Erwirbt man das 3er Pack, liegt auch gleich ein passender Controller für mehrfarbige Effekte (siehe Aufmacher) bei, sonst tun es passende 2+1-Pin-Anschlüsse auf dem Mainboard. Eins muss allerdings klar gesagt werden: Die relativ gute Aerodynamik des Rotors kann den Flächenverlust durch den breiten Rahmen nur teilweise ausgleichen. 11,1 K bei 1,7 Sone und 13,9 K bei 0,5 Sone sind für eine Lampe sehr gute Werte, aber für Lüfter nur Durchschnitt.

Noiseblocker Eloop-X B14-P-BL (140 mm)

Beleuchte High-End-Lüfter? Mit den Eloop-X bietet Noiseblocker endlich (ARGB-)LEDs und gute Kühleigenschaften gleichzeitig.

Das überlegene Design der 120-mm-Eloops gibt es auch in groß – dann leider mit 29 mm Dicke statt der üblichen 25 mm. Diese wurden aber unter anderem in eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Vorverwirbelungen investiert, sodass man die 14-cm-Eloops in der Regel auch als saugende (Gehäuse-)Lüfter einsetzen kann und dabei in vollem Umfange von ihrer Effizienz profitiert: 6,6 K bei 2,2 Sone und 8,4 K bei 0,9 Sone schaffen andere High-End-140-mm-Lüfter nicht. Ebenfalls einzigartig: Im Gegensatz zu den Konkurrenten Be Quiet und Noctua bietet Noiseblocker die Eloop (12 cm ebenso wie 14 cm) auch als „-X" mit transparenten Flügelblättern und ARGB-LEDs in der Nabe an. Die Aerodynamik wird dabei nicht verändert, der beim 140-mm-Modell ohnehin schon bessere Regelbereich erweitert: Der Eloop-X B14-P startet ebenso wie der günstigere, unbeleuchtete B14-PS (25 Euro) bei 320 U/min, erreicht aber maximal 1.520 statt 1.160 U/min.

Noctua NF-A14 FLX (140 mm, auch als PWM)

Qualität hat ihren Preis, für den bekommt man aber auch reichlich Ausstattung und einen Antrieb der Referenzklasse.

Optik-Features sucht man bei Noctua (abseits der gewöhnungsbedürftigen Farbgebung) vergeblich, auch die Aerodynamik des NF-A14 ist aus heutiger Sicht altmodisch. So liegt er bei praktisch gleicher Lautheit durchgängig 0,2 K hinter dem Eloop B14-PS und wird auch vom kleinen Bruder NF-A12x25 geschlagen. Genau wie dieser hat er aber ein Ass im Ärmel, das wir sonst nur noch dem NF-F12, aber keinem anderen 14-mm-Lüfter bescheinigen können: Auch bei minimaler Luftbewegung hören wir gar keine Nebengeräusche. Für extrem leisen Betrieb braucht die PWM-freie NF-A14-Ausführung allerdings noch eine Lüftersteuerung mit Start-Boost – von selbst läuft der FLX erst bei 6,4 Volt an und dreht dann direkt auf 710 U/min hoch. Das ist zwar nicht laut, aber das Verhältnis aus Luftrauschen und Kühlleistung (9,5 K bei maximal 0,9 Sone, 12,0 K bei 0,2 Sone) allein rechtfertigt den Noctua-Preis bei einem Einsatz nur in mittleren Drehzahlen nicht.

Arctic P14 (140 mm, auch als PWM)

Auch bei größeren Lüftern stellt Arctic den Spar- und Preis-Leistungs-Tipp, wahlweise mit 3- oder 4-Pin-Anschluss.

Trotz offensichtlicher Verwandtschaft ist der Arctic P12 nicht einfach ein P14 mit größerem Durchmesser. Arctic übernimmt zwar die grundlegende Aerodynamik, bedient sich aber auch des von Noiseblocker vorgemachten Tricks: Mit 27 mm Dicke hat der P14 zwei Millimeter extra, was zwar zur Inkompatibilität mit einigen Halterungen führt, aber mehr Freiraum bei der Rotorgestaltung lässt. Dieser wird für eine aerodynamische Effizienz genutzt, die nur ganz knapp hinter der der Eloops liegt. Rein nach dem Schalldruckpegel bewertet könnte der P14 sogar in Führung gehen, allerdings nutzt er zum Ausgleich seiner nur fünf Rotorblätter relativ hohe Drehzahlen, die zu einem höherfrequenten, für das menschliche Ohr besonders gut wahrnehmbaren Geräuschspektrum führen. Wir bescheinigen 7,4 K bei 1,5 Sone und 9,5 K bei 0,5 Sone. Für einen so günstigen Lüfter sind das definitiv sehr gute Werte, auch wenn es erneut praktisch keine Ausstattung gibt.

Be Quiet Silent Wings 3 PWM (140 mm)

Unsere Silent-Empfehlung aus dem CPU-Kühler-Bereich verkauft auch Retail-Lüfter, die durchaus beliebt sind.

Dank neuer Lüftergeometrie sind die auch in einer 120-mm-Ausführung erhältlichen Silent Wings 3 bei gleicher Drehzahl stärker, aber nicht wesentlich lauter als ihre bekannten Vorgänger. Grundsätzlich erreicht die Aerodynamik dabei eine hohe Effizienz vor allem im niedrigen Drehzahlbereich – und das ohne mehr Platz in der Tiefe oder extra Abstand zu Hindernissen zu benötigen, wie die Eloop-Konkurrenz. Die extrem langsame Abstimmung (maximal 0,3 Sone ergeben 11,7 K für die 140-mm-Variante) schränkt den Einsatzbereich aber auf Silent-Szenarien ein und mit einigen Steuerungen beobachten wir PWM-Fiepen (120er: 0,4 statt 0,1 Sone), Drehzahlsprünge (1.400 U/min bei 100 Prozent, 950 U/min bei 98 Prozent PWM) oder einen ruckeligen Lauf bei unter 54 Prozent PWM (200 U/min). An Mainboards sind solche Ärgernisse aber selten und im Zweifelsfall lassen sie sich durch analoge Regelung über die Spannung ganz ausschließen.

LC-POWER™

www.lc-power.com

XXL
GAMING SERIES

Arbeiten Sie entspannter mit den ergonomischen XXL-Gaming-Stühlen von LC-Power!

- abnehmbare Kopf- und Lendenkissen
- höhenverstellbare Sitzposition
- höhen- & tiefenverstellbare Armlehnenposition
- verstellbare Rückenneigungsposition dank Butterfly-Mechanismus
- integrierte Wipp-Funktion mit Lock-Mechanismus
- 360°-Drehstuhl-Rotation
- besonders komfortable Polsterung
- SGS und TÜV Rheinland LGA Bauart geprüft

Erhältlich in zwei Versionen: LC-GC-800BW (weiß/schwarz) & LC-GC-800BY (schwarz/gelb)

LC-Power-Produkte u.a. erhältlich bei:

Amazon.de - Bora-Computer.de - Cyberport.de | .at - ebay.de - KMComputer.de - Mindfactory.de - Schwanthaler-Computer.de - Brack.ch - Steg-Electronics.ch

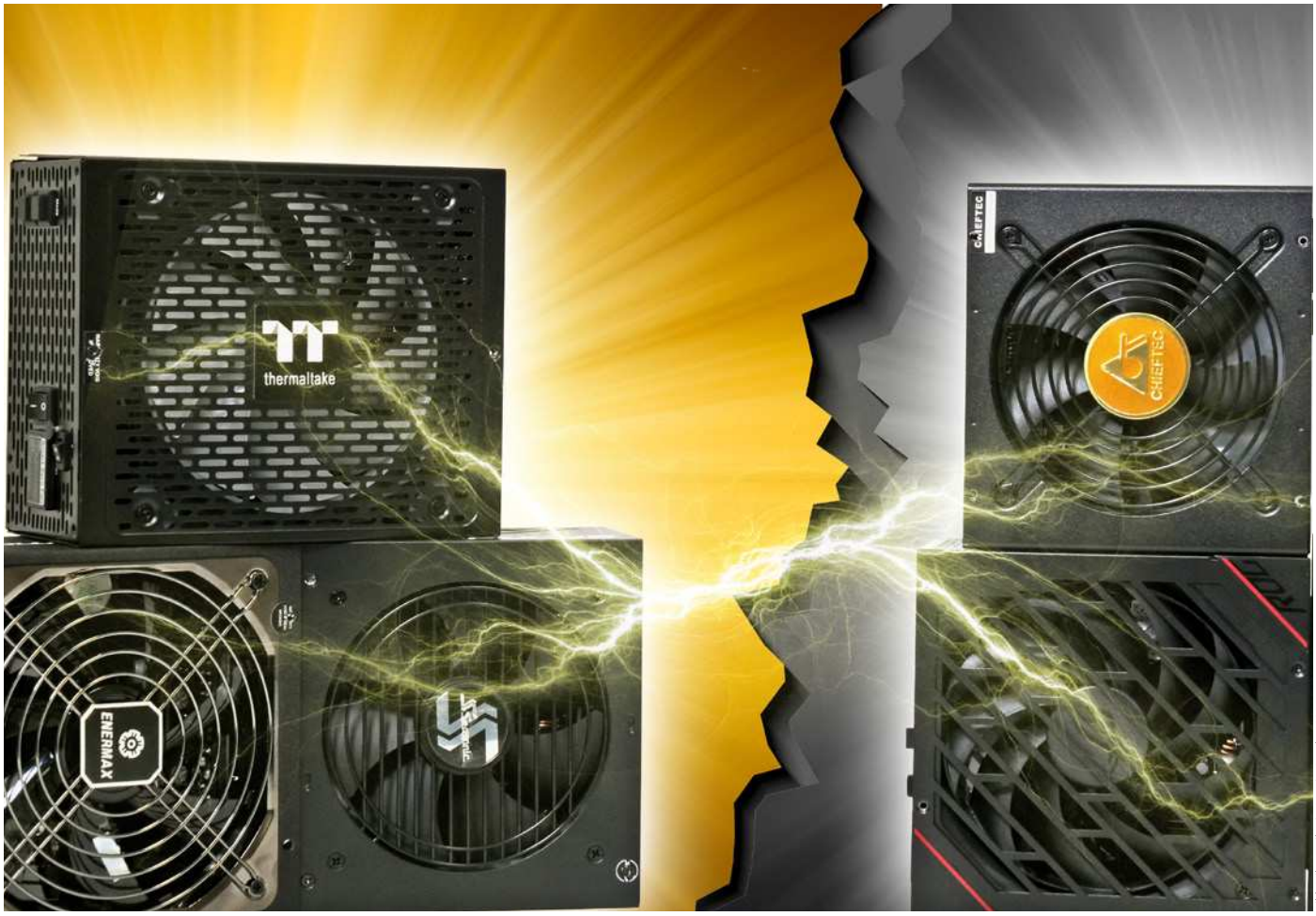


Bild: Milan Trajkovic, Martin Capek, 123RF

Netzteil-Einmaleins

Ohne Strom läuft der beste Rechner nicht – trotzdem wird oft am Netzteil gespart. Damit dem Spielvergnügen in Zukunft nichts mehr im Wege steht, haben wir alles Wichtige herausgesucht.

Beim Bau Ihres Gaming-Rechners müssen Sie sich zwangsläufig irgendwann Gedanken über Ihre Stromversorgung machen. Da Netzteile eher selten im Leben eines Rechners ausgetauscht werden, sollten Sie genauer hinschauen. Es gibt nämlich einige Parameter, die Sie beim Kauf eines Spannungswandlers im Auge behalten sollten, damit Sie auch in Zukunft problemlos Ihre Hardware mit Strom versorgen können.

Wie viel Watt braucht man?

So trivial wie simpel die Frage auch erscheinen mag, Sie sollten Ihr zukünftiges Netzteil nicht unter- oder überdimensionieren. Anhand der Herstellerangaben auf den einzelnen Komponenten können Sie errechnen, wie viel Energiebedarf Ihr System überhaupt hat. Sie können aber auch für eine grobe Einschätzung Online-Leistungsrechner nutzen, die viele Hersteller anbieten. Berechnen Sie zusätzlich zu Ihrem System noch einen kleinen Puffer von circa 10 Prozent ein, um so durstiger Hardware beim Aufrüsten zuvorzukommen. Pi mal Daumen können Sie auch die doppelten Summe der TDP von Grafikkarte und Prozessor nehmen. Aber Vorsicht: Bei energiehungrigen Komponenten ist nicht nur die Gesamtleistung des Netzteils wichtig, sondern auch die Nominalleistung der einzelnen Schienen. Das bezieht sich besonders auf die 12-Volt-Schiene, mit der Sie in einem ATX-Rechner meist Grafikkarte, Prozessor und weitere Komponenten mit Energie versorgen.

Bei der Wahl Ihres Stromspenders sollte Ihr Rechner nicht die maximale Nominalleistung ausschöpfen, da die meisten Netzteile bei mittlerer Auslastung am effizientesten und saubersten arbeiten. Als Orientierungshilfe können Sie für simple Bürorechner und stromsparende Multimedia-Player von 200 bis 300 Watt ausgehen, Spiele-Rechner mit Budget- oder Mittelklassekarten benötigen in der Regel um die 400 bis 500 Watt und für High-End-Gaming-PCs sollte man um die 600 Watt anpeilen. Übertakter legen da noch einen drauf, da kann schon mal 1 kW zusammenkommen. Wenn Sie circa 10 Prozent der Gesamtkosten des Rechners für ein Netzteil veranschlagen, haben Sie den maximalen Preis Ihres Netzteils gefunden.

Single- oder Multi-Rail?

An dieser Frage scheiden sich die Geister, zumindest im Netzteilbereich. In einem Multi-Rail-Netzteil werden die einzelnen Leiterbahnen durch den sogenannten Überstromschutz (OCP) separat voneinander überwacht. Sobald auf einer Rail ein zu hoher Stromwert erreicht wird, schaltet sich das Netzteil aus Sicherheitsgründen ab. In einem Single-Rail-Gerät wird dagegen nicht jede Leiterbahn einzeln überwacht, sondern die stromspendenden Leitungen als Ganzes betrachtet. Kommt es nun zu einem Kurzschluss in einem Bauteil oder auf der Leiterplatte selber, steigt der Strom auf der 12-Volt-Schiene des Single-Rail-Netzteils enorm an. Erst dann kann die OCP einspringen und die Hardware vor noch größe-

rer Belastung schützen. Der Wert zum Auslösen ist bei Single-Rail-Geräten aber durch den vergrößerten Verbraucher auch deutlich höher. Multi-Rail bietet durch die Kompartimierung der Leiterbahnen und der separaten Überwachung mehr Sicherheit als ein Single-Rail-Design. Vor allem bei leistungsstarken Netzteilen sollte deshalb auf ein Multi-Rail-Gerät gesetzt werden, außer Sie benötigen mehr als 600 Watt auf der 12-Volt-Schiene. Ein Single-Rail-Netzteil der 350-Watt-Klasse ist daher mit einer vorgesehenen Belastung von unter 30 Ampere völlig unbedenklich. Erst ab der mittleren Watt-Klasse von mehr als 700 Watt sind Netzteile mit mehreren Schienen bezüglich der Sicherheit im Vorteil. Der Sicherheitsvorteil schwindet allerdings deutlich, wenn ein Bauteil über zwei oder gar drei 12-Volt-Schienen versorgt wird. Eine Grafikkarte könnte beispielsweise über den Slot Spannung aus +12V1 und über die PCIe-Stecker aus +12V3 und +12V4 erhalten. Sollte es dann auf der Karte zu einem Kurzschluss kommen, würde die gesamte Belastbarkeit aller drei Schienen zur Verfügung stehen – Multi-Rail-Vorteil dahin.

80-Plus als Orientierung

In allen elektronischen Geräten geht Energie in Form von Abwärme verloren, so auch beim Wandlungsprozess von 230-Volt-Wechselspannung in computertaugliche 12-Volt-Gleichspannung. Je effizienter ein Netzteil arbeitet, desto weniger Verlustwärme entsteht und desto weniger muss schlussendlich auch gekühlt werden. Ein Indiz, um Informationen zum Wirkungsgrad eines Spannungswandlers zu bekommen, ist das US-amerikanische 80-Plus-Zertifikat, welches auf allen Netzteilen in unterschiedlichen Farben leuchtet. In der niedrigsten Zertifizierung werden im europäischen 230-Volt-Stromnetz 85 Prozent Effizienz bei Halblast erreicht. Leistungsfähigere Spannungswandler werden anhand ihrer Effizienzwerte in Bronze (88 Prozent), Silber (90 Prozent), Gold (92 Prozent), Platinum (94 Prozent) und Titanium (96 Prozent) eingeteilt. In einem Titanium-Netzteil verpufft weitaus weniger Energie als in einem schlechter zertifizierten Netzteil. Deswegen kann im Dauerbetrieb durchaus ein wenig Geld pro Jahr gespart werden, begründen Sie die Wahl Ihres Netzteils aber nicht nur damit. Netzteile, die ein schlechteres Label als Gold bekommen haben, sollten heutzutage aber gemieden werden. Das liegt an den veralteten Topologien, die zum Einsatz kommen. Je mehr Effizienz das Label von einem Netzteil abverlangt, desto hochwertigere Komponenten müssen eingesetzt werden. Das beste Preis-Leistungsangebot bekommen Sie deshalb im Gold-Segment des 80-Plus-Labels. Aber auch hier sollten Sie maßvoll entscheiden, denn wenn Sie Ihren Computer nur wenige Stunden pro Tag als Bürorechner nutzen, brauchen Sie keinen hocheffizienten Spannungswandler. Ein guter Richtwert für das Netzteil-Budget sollte der jährlich eingesparte Betrag sein: Achten Sie darauf, dass sich nach spätestens zwei Jahren Nutzung der Spannungswandler – verglichen mit der niedrigsten Zertifizierung – amortisiert hat.

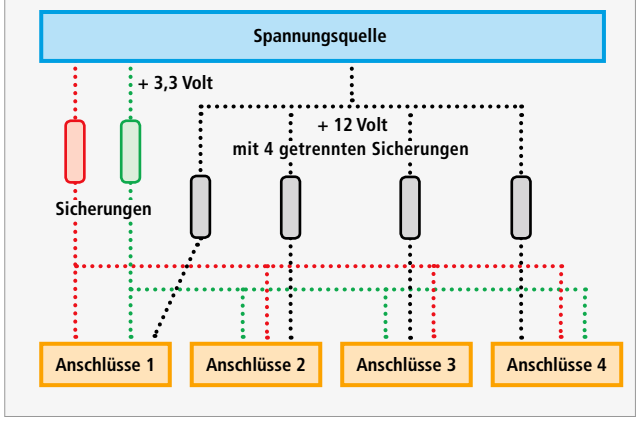
Leise, bitte!

Wenn Sie auf einen komplett stillen PC angewiesen sind, empfiehlt sich ein passiv gekühltes Netzteil. In der Regel werden hier hochwertige Baugruppen verbaut, da diese – wie bereits erwähnt – höheren Temperaturen und Belastungen ausgesetzt werden können. Das ist extrem wichtig, wenn es keine aktive Kühlung gibt, da sich durch die Verwendung von effizienteren Baugruppen die Abwärme in jedem Szenario kalkulierbar bleibt. Dadurch werden auch die elektrischen Eigengeräusche, etwa Spulenfiepen, am besten unterdrückt. Ein besonderes Augenmerk sollten Sie bei aktiv gekühlten Spannungswandlern unbedingt auf die Lüfterkurve richten: Diese sollte im besten Fall anpassbar sein und im schlechtesten Fall erst bei 80 Prozent Last merklich hörbar werden. Eine sehr gute Alternative zu einem teuren passiv gekühlten Netzteil sind die semipassiven Vertreter. Diese laufen bis zu einem bestimmten Lastbereich, meist bis zu circa 25 Prozent, ohne aktive Kühlung der Baugruppen – ideal also für Office-Arbeiten oder den Heimkinogenuss. Erst danach fängt der Kühlbetrieb an. Die Lautheit eines Netzteils ist auch maßgeblich von der Größe des verwendeten Lüfters abhängig: Je kleiner ein Rotor ist, desto lauter ist dieser. Setzen Sie in ruhigen Arbeitsbereichen dann lieber auf Spannungswandler mit mindestens 120-mm-Lüftern. Die Schallintensität nimmt außerdem umgekehrt proportional zum quadrierten Abstand ab, verliert also mit Entfernung an Intensität. Vielleicht erlaubt dies einen Kompromiss.

Wie kann man sich Single- und Multi-Rail-Netzteile vorstellen?

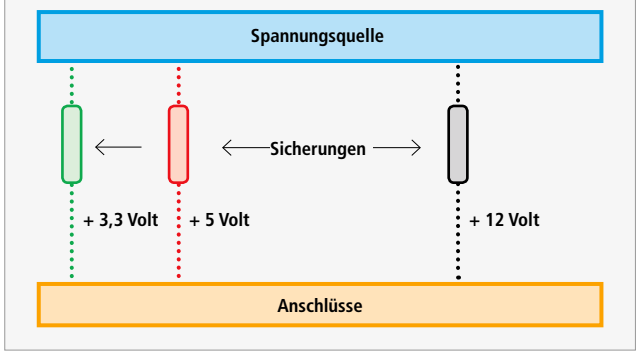
Unsere Schaltbilder zeigen Ihnen, wie die 12V-Leitungen in modernen Netzteilen implementiert sind und worin sich die Designs unterscheiden.

Multi-Rail-Netzteil



Moderne Multi-Rails nutzen eine einzelne +12-Volt-Spannungsquelle. Die Gesamtleistung wird über mehrere Sicherungen auf einzelne Stecker verteilt. Auf jeder der so gesicherten Leitungen wacht der Überstromschutz über die Belastbarkeit.

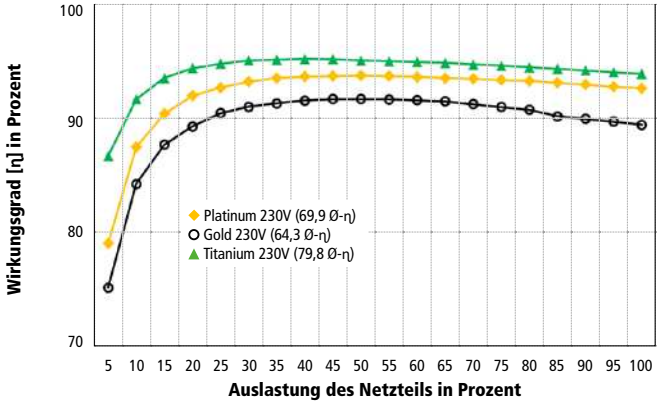
Single-Rail-Netzteil



Bei Single-Rail-Netzteilen wird auf die getrennte Absicherung einzelner +12-Volt-Schienen verzichtet. Einige Hersteller verzichten zudem komplett oder nur auf der +12-Volt-Schiene auf die Integration des Überstromschutzes.

Typische Effizienzkurven von Netzteilen

Wie effektiv sind Netzteile bei unterschiedlichen Lasten?



Bemerkungen: Je höher der Wert liegt, desto effizienter ist das Netzteil zum gegebenen Lastpunkt. High-End-Geräte zeigen auch im Niedriglastbereich die besten Werte – dank der hochwertigen Baugruppen. Zwischen 40 und 75 Prozent sind Netzteile meist am sparsamsten. Die 80-Plus-Effizienz würde bei 80 Prozent liegen.

Seasonic PX-500

Der Hardwareproduzent hält an passiv gekühlten Netzteilen fest und erweitert das eigene Angebot nun auch im unteren Lastbereich.

Mit 500 Watt sollte der Spannungswandler für jedes Mittelklasse-System ausreichen und daneben weißt das Netzteil noch eine äußerst strikte Spannungsregulation auf. Zwar sind die Kabel für einen Multi-GPU-Betrieb vorhanden, mit 500 Watt Gesamtleistung könnte es aber etwas knapp werden, sollten Sie zwei Grafikkarten befeuern wollen. Für etwa 150 Euro bekommen Sie hier ein passiv gekühltes Netzteil, welches von Seasonic im eigenen Highend-Segment verortet wird und dementsprechend mit einer Garantiezeit von 12 Jahren ausgestattet wurde. Der Ripple wird entsprechend zufriedenstellend unterdrückt, auch wenn hier keine Spitzenwerte erreicht werden. Dank des passiven Betriebes muss man mit keiner Geräuschentwicklung rechnen und Gedanken über ein zu heiß werdendes Netzteil muss man sich auch nicht machen, weil das Kühlungsdesign vollkommen ausreichend ist. Insgesamt ist der Spannungswandler eine Empfehlung wert, sofern 500 Watt ausreichen und ein geräuschloser Betrieb nötig ist.

Be Quiet Straight Power 11 Platinum

Be Quiets erfolgreiche Straight-Power-Serie hat ein Update verpasst bekommen und kann nun auch mit Platinum-Power punkten.

Mit 120 Euro hat das Netzteil eine vernünftige Bepreisung bekommen, da teilweise neue Gold-Netzteile ähnlich viel kosten. Auch in dieser Generation kann Be Quiet mit einem leisen Betrieb überzeugen, sodass der FHD-Lüfter eine Lautheit von 0,4 Sone erzeugt. Die Geräuschkulisse steigert sich sukzessiven auf 1,1 Sone unter Volllast, sodass das Netzteil in den meisten Anwendungen wohl kaum hörbar sein wird. Dank einer DC-DC-Topologie ist die Spannungsregulation strikt, die 12V-Schiene weist deswegen eine Abweichung von 0,94 und einen Drop von 0,98 Prozent auf. Der Ripple wird zufriedenstellend herausgefiltert, orientiert sich hier mehr an der Mittelklasse. Darüber hinaus ist das Straight Power innerhalb der ersten 10 Prozent Last effizient, sodass bereits ungefähr 33 Watt 80 Prozent Effizienz erreicht werden. Mit zwei EPS-Kabeln, vier PCI-E-Steckern und einer Vielzahl an SATA- und Molex-Beiwerk bekommt man auch noch eine ordentliche Ausstattung mitgeliefert.

Enermax Revolution D.F. 750 W

Nach den High-End-Netzteilen Maxtytan und Platimax wertet Enermax nun auch den eigenen Goldsektor mit hochwertigen Geräten auf.

Der Spannungswandler ist effizienter als der Gold-Standard vorschreibt, sodass ein Wirkungsgrad von 80 Prozent bereits bei 5 Prozent erreicht wird. Die Restwelligkeit wird im Netzteil gut gefiltert und das Netzteil punktet mit Bilderbuchwerten innerhalb der Spannungsregulation: Der Spannungsdrop und die -abweichung betragen auf der 12V-Schiene jeweils nur 0,46 beziehungsweise 0,91 Prozent. Das vollmodulare Multi-Rail-Netzteil kommt ohne semi-passiven Kühlbetrieb aus, sodass zwischen 0 und 65 Prozent Last nur um die 430 U/min vorliegen. Das erzeugt eine Lautheit von 0,3 Sone, die dann sukzessiv bis zur Volllast auf 1,2 Sone ansteigt. Hinzu kommt eine mehr als befriedigende Ausstattung mit zwei EPS-, vier PCI-E- und acht SATA-Steckern. Einziges Manko ist im Housekeeping die Stützzeit, die nicht erreicht wird, und das PG-Ok-Delay-Signal ist etwas zu lang. Das ist aber bei einem sonst äußerst guten Netzteil und einem Preis von knapp 100 Euro verschmerzbar.

Super Flower Leadex III HG

Super Flower kann mit der Expertise eines OEM-Produzenten punkten und hat mit dem Leadex III HG ein extrem leises und günstiges Netzteil auf den Markt gebracht.

Die Restwelligkeit wird hier konsequent herausgefiltert und ist nahezu nicht vorhanden: Auf der 12-Volt-Schiene liegen 8,59 mV vor, der höchste Wert liegt auf der 5-Volt-Standby-Leitung mit 17,2 mV - verschwindend geringe Werte. Kommen wir zur Spannungsregulation, einer der Kernkompetenzen eines modernen Netzteils. Hier zeigt die 12-Volt-Schiene eine Abweichung von 2,13 Prozent und der Spannungsabfall auf der gleichen Leitung liegt bei 0,66 Prozent. Die Nebenspannungen zeigen dagegen kaum Abweichung von der Idealspannung und auch keinen zu großen Abfall der Spannung im Lastverlauf. Wer es gerne ruhiger hat, sollte dieses Netzteil ins Auge fassen, denn bis zu einer Last von 70 Prozent, also 385 Watt, emittiert der Spannungswandler keine Geräusche. Erst bei 80 Prozent Auslastung kann man, sofern man genau hinhört, 0,1 Sone wahrnehmen, die dann in 0,4 Sone gipfeln, sollte man das Netzteil unter Volllast betreiben.

Corsair HX750

Obwohl schon länger am Markt, spielt dieses Netzteil immer noch vorne mit und überzeugt mit Ausstattung und Performance.

Das Single-Rail-Gerät kann per Schalter in ein Multi-Rail-Netzteil verwandelt werden, sodass jeder einzelne Anschluss nun über einen Überstromschutz verfügt. Dadurch kann man aber nicht mehr die gesamte Leistung auf der 12V-Schiene abziehen. Der Spannungswandler weist den gewohnt hohen Wirkungsgrad auf und zeigt eine sehr gute Spannungsregulation. Besonders in Crossload-Situationen kann das Netzteil diese Eigenschaften ausspielen, hier kommt es innerhalb des Test-Szenarios nur zu marginalen Abweichungen oder Abfällen auf der 12-Volt-Leitung von 0,6 respektive 1 Prozent. Die hochwertige Bestückung im Platinsektor zeigt sich außerdem bei der Unterdrückung der Restwelligkeit. Hier messen wir auf der für CPU und GPU wichtigen 12-Volt-Leitung lediglich 12,2 mV. Der höchste gemessene Wert liegt bei 20 mV auf der Standby-Leitung. Das HX750 hat bis circa 410 Watt einen passiven Kühlbetrieb, erst dann werden 0,4 Sone durch den Lüfter erzeugt. Bei einer Last von 80 Prozent steigt dieser Wert auf 1,0 Sone an und gipfelt in maximal 2,2 Sone bei Volllast.

Seasonic Focus+ Platinum PX-650

Mit der Focus+-Serie kann auch die Mittelklasse auf Platin-Netzteile für einen angemessenen Preis zurückgreifen.

Das Single-Rail-Netzteil verfügt über alle gängigen Schutzschaltungen und hat ein ausgewogenes Kabelbukett mit zwei EPS- und vier PCI-E-Steckern spendiert bekommen. Per Knopfdruck kann ein semi-passiver Modus aktiviert werden, der eine aktive Kühlung erst ab 40 Prozent Last nötig macht. Wenn der hydrodynamische Lüfter dann anspringt, wird eine Lautheit von 0,4 Sone bei 330 Umdrehungen pro Minute emittiert. Bis zur Halblast behält das Netzteil die Geräuschkulisse bei, erst bei 70 Prozent Last können bereits 1,0 Sone wahrgenommen werden. Dies steigert sich dann sukzessiv bis zu 1,6 Sone unter Volllast. Die Spannungsregulation fällt ziemlich gut und strikt aus. Genau genommen weicht die Spannung 0,72 Prozent auf der 12-Volt-Schiene ab, der Spannungsabfall auf selbiger Leitung beträgt 0,47 Prozent. Die Restwelligkeit wird gut unterdrückt, auch wenn keine Spitzenwerte erreicht werden, ist das Ergebnis zufriedenstellend. Mit 115 Euro ist es 25 Euro teurer als die Goldvariante.

Bild: Sharkoon, Thermaltake

Ein Heim für Hardware

Ist die Wunsch-Hardware gewählt, fehlt nur noch der Einbau ins Gehäuse. Es stehen große und mittelgroße Modelle bereit, die optisch mit Glas und RGB-Licht sowie guter Kühlung bestechen wollen.

Das Gehäuse ist ein spezielles Stück Hardware. Im Gegensatz zu allen anderen Komponenten, die zum Betrieb eines PCs notwendig sind, handelt es sich genau genommen um eine optionale, allerdings höchst sinnvolle Komponente. Ein gutes Gehäuse ist nicht bloß ein aus Stahl oder Alu bestehender oder mit Glaselementen verschönerter Aufbewahrungsort für Ihre Hardware; sondern es dient auch der Kühlung, der Geräuschdämmung und – das wissen die meisten Anwender nicht – der Abschirmung vor elektromagnetischer Strahlung.

Wer also auf der Suche nach einem neuen Heim für seine Hardware ist, sollte sich im Vorfeld nicht nur Gedanken über die eigenen Präferenzen bezüglich der Ausmaße, der Ausstattung und des Designs machen. Genauso wichtig wie die äußere Erscheinung ist auch das Kühlkonzept, sprich die Kühlleistung und die dabei entstehende Geräuschkulisse. Wir stellen Ihnen sechs empfehlenswerte Modelle vor, die eine gelungene Synthese aus Kühlung und Lautheit bieten.

Je größer, desto mehr Platz

Die Wahl des richtigen Hardware-Heims hängt primär vom geplanten Einsatzzweck respektive -ort ab. Ein Multimedia-PC für das Wohnzimmer(-regal) sollte aus Platzgründen nur über das Mini-ITX- eventuell Micro-ATX-Format verfügen. Spieletaugliche, leistungsstarke Komponenten sollten Sie im Midi- oder Big-Tower unterbringen. Hier ist das Innenraumvolumen gleich zweifach von Bedeutung. Einerseits gilt: Je mehr Platz vorhanden ist, desto länger können die GPU und das Netzteil, desto höher der Turmkühler und desto größer das Hauptplatinenformat (E-ATX/XL-ATX) ausfallen. Andererseits sind die Größe sowie das Design des Innenraums (getrennte Kammern für Platine, Netzteil, Laufwerke und offene Deckelkonstruktionen) verantwortlich für das Lüftungskonzept und die Kühlleistung. Große Hardware-Behausungen bieten nämlich reichlich Stauraum, beispielsweise für viele Lüfter oder Wasserkühlungsradiatoren, welche mitunter dreifach belüftet werden („Triple Radi“).

Aktuelle Ausstattungstrends

Während die Standards rund um Hardware-Abmessungen und TDP-Klassen seit Jahren unverändert sind, hat sich in puncto Optik und Ausstattung bei den Gehäusen in den letzten zwei Jahren eine Menge getan. Bei vielen Modellen verzichten die Hersteller auf 5,25-Zoll-Schächte, im Gegenzug verfügen vor allem die verglasten Modelle über die Möglichkeit, die GPU zu Präsentationszwecken hochkant einzubauen. Wollen Sie also optische Medien wie CD, DVD und Blu-ray weiterhin verwenden, können Sie unabhängig vom Format viele Gehäuse nicht mehr nutzen. Für die vertikale Montage der GPU benötigen Sie dagegen ein GPU-Riser-Kabel, das oft nicht zum Lieferumfang gehört. Ein weiterer Trend bei der Gehäuseausstattung sind per Controller oder Mainboard adressierbare RGB-Lüfter und bunte Leuchtleisten sowie Glasseitenteile, gläserne Türen oder gar eine Vollverglasung. Diese Features machen das Case zwar zum echten Hingucker, da die Leistung dadurch jedoch nicht beeinflusst wird, bleibt die Entscheidung für RGB-Lichttricks und Glaselemente reine Geschmackssache. *(fs)*

Fractal Design Define 7: Auch die Sieben kann überzeugen

Fractal-Design-Gehäuse sind dank ihrer schlichten Optik und guten Dämmung schon seit Jahren bei Nutzern beliebt.

Die neueste Version der Define-Reihe soll nun noch einmal andere Features bieten und dem Nutzer mehr Möglichkeiten für die Konfiguration von Innenraum, Kühlung und Lautstärke geben. Das Hardware-Layout ist bis auf wenige Ausnahmen gleich geblieben, lediglich der Verbau eines 5,25-Zoll-Laufwerks gestaltet sich etwas umständlich. Da aber nur wenige dieses Feature überhaupt nutzen werden, ist dies nicht weiter schlimm. Äußerlich hat sich dagegen etwas mehr verändert. Auf den ersten Blick ist die Optik gewohnt schlicht, wird aber durch den offen gestalteten Deckel etwas gestört. Bei bisherigen Versionen gab es eine austauschbare Abdeckung oder herausschraubbare Dämm-Elemente. Hier kann das komplette obere Panel ausgetauscht werden. Im Lieferumfang ist nämlich zusätzlich noch eine geschlossene Variante vorhanden, die zudem noch mit einer Dämmung versehen ist. Der weitere Einbau gestaltet sich gewohnt einfach und der werkzeuglose Schließmechanismus ist ein gern gesehenes Feature. Zwar könnte man meinen, dass besonders auf das Kabelmanagement achtgegeben werden sollte, damit der Druck-Schließmechanismus seine Aufgabe erfüllt, jedoch ist im neuen Gehäuse auch mehr Platz und zusätzlich dazu auch noch eine Hilfe für das Verlegen von Kabeln mit Kunststoff-Führungen und Klett-Kabelbindern vorhanden. Schlussendlich möchten wir noch ein paar Worte zur Leistung verlieren. Die drei integrierten 140-Millimeter-Lüfter, wovon zwei in der Front und einer im Heck sitzen, verrichten ihre Aufgabe relativ leise. Eine Möglichkeit zur Steuerung ist ebenfalls auf der Rückseite vorhanden. Dort befindet sich ein Verteiler-PCB mit Anbindung zum Mainboard. Dadurch können die Lüfter per Spannung oder – wenn vorhanden – via PWM gesteuert werden. Die Lautheit ist unter Last mit 1,2 Sone durchaus als leise zu bezeichnen, das hängt vor allem mit der gedämmten Front zusammen. Die Temperaturen sind mit 65 und 71 Grad für CPU und GPU ebenfalls gut.

ab ca. € 165,-

Be Quiet Pure Base 500DX: Vom Leisetreter zum Airflow-Wunder?

Be Quiet ist bekannt für leise Gehäuse. Bisher hat der Hersteller nur gedämmte Varianten auf den Markt gebracht. Mit dem Pure Base 500 DX ändert sich das.

Das Layout kennen wir bereits aus dem Pure Base 500 ohne DX-Kennung. Dieses hat in unserem Test auch durchaus gut abgeschnitten. Vor allem der niedrige Preis von unter 70 Euro und der Kompromiss aus Lautstärke durch Dämmung und Temperaturen konnte überzeugen. Mit dem DX hat Be Quiet nun eine Variante mit perforiertem Front-Panel ins Sortiment aufgenommen. Zusätzlich dazu wurde vorne eine ARGB-LED-Leiste eingelassen und ein LED-Streifen im Innenraum angebracht. Bei beiden Komponenten lassen sich mit einem Taster an der Front verschiedene Beleuchtungsmodi durchschalten. Eine Steuerung durch das Mainboard ist ebenfalls mithilfe eines 3-Pin-ARGB-Kabels möglich. Auch die Lüfterkonfiguration hat sich geändert. Wo zuvor noch ein 140-Millimeter-Pure-Wings-2-Lüfter in der Front und im Heck werkelten, sind es nun insgesamt drei. Der zusätzliche Ventilator im Deckel soll dabei helfen, Temperaturen im Innenraum noch einmal weiter zu senken. Die Erweiterungsmöglichkeiten sind bei den Lüftern zahlreich. Insgesamt können bis zu fünf 140er-Modelle Platz finden, ein weiteres im Deckel und in der Front. Die restliche Ausstattung ändert sich nicht. Weiterhin sind die Montage eines ATX-Mainboards mit jeder Grafikkarte bis 37 Zentimetern und einem CPU-Kühler mit bis zu 190 Millimetern in der Höhe möglich. Staubfilter sind sowohl in der Front als auch im Boden und auf der Oberseite vorhanden. Eine vertikale Einbaumöglichkeit der Grafikkarte ist dagegen nicht gegeben. Die sich an der Front befindlichen Anschlüsse sind sehr spartanisch. Lediglich zwei USB-Ports, einer davon als Typ-C ausgeführt, und die obligatorischen Audio-Ein- und -Ausgänge sind vorhanden. Die Leistung ist mit 65 und 68 Grad für CPU und GPU sehr gut, auch wenn diese durch eine höhere Lautstärke erkauft wird. Hier fallen 2,1 Sone frontal und 1,8 Sone im 45-Grad-Winkel aus einem Abstand von 50 Zentimeter gemessen negativ auf. In einem stillen Raum kann dies störend wirken.

ab ca. € 100,-

MSI Sekira 500X: RGB en masse

Das mit über 60 Litern Volumen relativ große Sekira bietet reichlich RGB-Licht und eine fast komplette Vollausstattung.

Für eine ansprechende Optik sorgen die funktionalen Glasseitentüren, die teilverglaste Front mit LED-Streifen und beleuchtetem Herstellerlogo sowie der Glasdeckel. An der Unterseite des Top-Covers befindet sich eine ausziehbare Halterung für einen bis zu 360 Millimeter großen Radiator als Alternative zu den beiden mitgelieferten 200-mm-ARGB-Lüftern. Je ein weiterer Lichtspieler ist am Heck (120 mm) und an der Front (200 mm) angebracht. Der zweite 200-mm-Frontlüfter bleibt dagegen unbeleuchtet. Die Steuerung der an den ARGB-LED-HUB angeschlossenen Lüfter und Lichtleisten erfolgt per Knopfdruck auf der Oberseite oder über das Mainboard. Damit der Innenraum des MSI Sekira laufwerksfrei bleibt, sind im vorderen Teil der Netzteilkammer zwei entfernbare Käfige mit je zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen eingebaut. Zwei demontierbare Halterungen für 2,5-Zoll-HDDs/-SSDs sind auf der Rückseite des Mainboard-Trays, eine weitere auf der Netzteilabdeckung zu finden. Weitere Extras des geräumigen Gehäuses (maximale GPU-Länge/Kühlerhöhe: 40 cm/17 cm) sind die Möglichkeit, die Grafikkarte hochkant einzubauen, ein Kabelführungssystem mit Klettverschlüssen, Staubschutze für die seitlichen Lufteinlässe an der Front, am Deckel und am Boden (zweigeteilt mit Zugmechanismus). Die fünf vormontierten Lüfter sind in der Lage, die Hardware ausreichend zu kühlen (CPU: 71,0 °C, GPU 72,0 °C, Innenraum: 37,8 °C, Wertung: 2,44). Mit gemessenen 1,4/1,6 Sone entsteht dabei allerdings eine zu hohe und lediglich nur mit 2,75 bewertete Geräuschentwicklung (Vector RS: 2,13), die MSIs Sekira auf den zweiten Platz im Testfeld zurückwirft.

Deepcool Macube 310P: Günstig, aber trotzdem hochwertig?

Deepcool war bisher nur für CPU-Kühler und sehr günstige Gehäuse bekannt. Das Macube 310P ist zwar preiswert, jedoch kann es bei der Qualität überzeugen.

Die Konkurrenz auf dem Markt wird immer stärker. Mehr Hersteller bieten Modelle mit mehr Features und einer besseren Ausstattung zu niedrigeren Preisen an. Da ist es oft schwierig für kleinere Hersteller, dort noch zu punkten. Mit dem Macube 310P bringt Deepcool ein Gehäuse komplett aus Metall und Glas ohne jeglichen Kunststoff auf den Markt. Auch das Layout ist durchdacht. Zwar finden wir hier keine Besonderheiten, allerdings ist alles an sinnvollen Positionen untergebracht. Lediglich der magnetische Verschlussmechanismus der Seitenteile könnte, besonders auf der Rückseite, Probleme machen. Die mangelnde Entkopplung der HDDs, lediglich ein vorinstallierter Lüfter sowie fehlende Staubfilter sind weitere Kritikpunkte, die bei einem Preis von rund 70 Euro aber verschmerzbar sind. Trotz der geringen Lüfterausstattung sind Temperaturen unter Last noch in Ordnung. Im Test erreichten wir gute 66 Grad bei der CPU, allerdings bis zu 73 Grad GPU-Temperatur. Diese Leistung ist eher am unteren Ende des Spektrums anzusiedeln und könnte mit ein oder zwei zusätzlichen Lüftern in der Front deutlich gesteigert werden. Nur ein Lüfter hat den Vorteil, dass die Lautheit gering gehalten werden kann. MIt nur 1,2 und 1,3 Sone kann diese als sehr gut bezeichnet werden. Wer aber sowieso plant, eigene Lüfter zu verbauen, kann diese Punkte noch optimieren.

Fractal Design Vector RS: Auch die schlichten Schweden können RGB

Obwohl Fractal Design für schlichte Gehäuse bekannt ist, kommt mit dem Vector RS auch etwas Beleuchtung ins Spiel.

Das optisch auffälligste Feature des Fractal Design Vector RS ist der über das Mainboard oder per mitgeliefertem Adjust R1 RGB Controller adressierbare LED-Streifen, der die Front und die Oberseite teilt. Weiterhin können Sie den geschlossenen Glasdeckel gegen eine offene Konstruktion mit Staubfilter auswechseln. Für die Montage der Propeller (3 × 140/120 mm [offenes Layout] oder 2 × 140/3 × 120 mm [reguläres Layout]) und entsprechende Radiatoren steht eine herausnehmbare Halterung bereit. Der Ausstattungshöhepunkt des Vector RS ist seine flexible Innenraumgestaltung. Wer viele 3,5/2,5-Zoll-Laufwerke unterbringen will, findet hinter der mit je drei 140/120-mm-Lüftern bestückbaren Front einen 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkskäfig mit 11 einzeln ausbaubaren 3,5/2,5-Zoll-Halterungen. Wer dagegen einen Radiator (bis 360 Millimeter) an der Front anbringen oder unter den Deckel montieren möchte, kann die Halteplatte, auf deren Rückseite sich zwei 3,5-Zoll-HDDs anbringen lassen, nach hinten verschieben (offenes Design, Volumen 64,1 l). Zur weiteren Ausstattung (Note: 1,00) gehören das Kabelführungssystem, eine Lüftersteuerungsplatine, die Möglichkeit, die Grafikkarte hochkant zu montieren, sowie Staubfilter am Boden (Zugmechanismus) und der Front (seitliche Einsätze). Die drei 140-mm-Lüfter des Fractal Design Vector RS sorgen für eine noch gute Kühlung (CPU: 71,0° C, GPU: 73,0° C, Innenraum: 36,5° C, Note: 2,47). 1,0/1,0 Sone (Wertung: 2,13) Lautheit werden dabei erzielt.

ab ca. € 170,-

Corsair iCUE 465X: RGB-Beleuchtung und gute Belüftung

Im neuen iCUE 465X von Corsair wird die eingebaute Hardware nicht nur prominent präsentiert. Die drei ARGB-Frontlüfter sorgen auch für eine gute Kühlung bei akzeptabler Geräuschkulisse.

Corsair legt bei dem 465X verhältnismäßig viel Wert auf die Optik. Mit drei RGB-Lüftern mit 120 Millimetern Durchmesser erreicht das Gehäuse eine Lautstärke von 1,4 und 1,3 Sone und Temperaturen von 67 respektive 70 Grad bei CPU und GPU. Diese Ventilatoren lassen sich über die iCUE-Software steuern. Zusätzlich dazu wurde auf eine verglaste Front und ein Seitenteil aus dem gleichen Material ohne Tönung gesetzt. Neben den optischen Aspekten gehören natürlich auch andere Features zum guten Ton, so bietet der Midi-Tower auch Staubfilter in der Front, im Boden und im Deckel, um trotz des recht offenen Aufbaus noch eine gute Filterwirkung zu erzeugen. Die Verarbeitung ist – wie von Corsair gewohnt – gut und wir hatten keine Probleme beim Einbau.
Die Montage von sechs 2,5-Zoll-SSDs oder alternativ zwei 3,5-Zoll-Festplatten und vier SSDs gleichzeitig ist ebenfalls gegeben. Der offene Innenraum ermöglicht zudem eine Montage von Radiatoren von bis zu 360 Milimetern in der Front und einem 240er im Deckel. Wer hingegen auf herkömmliche Luftkühlung zurückgreift, kann selbstverständlich auch die entsprechenden Lüfter montieren. Bei den Hardware-Abmessungen müssen hingegen Kompromisse eingegangen werden. Bei Netzteilen ist die maximale Länge auf 180 Millimeter beschränkt, bei CPU-Kühlern auf 17 Zentimeter; Grafikkarten dürfen 378 Millimeter nicht überschreiten.

ab ca. € 125,-

Bild: Thampapon Otavorn, 123RF

Bildschirm-Durchblick

Grafikkarten werden immer leistungsfähiger, Spielegrafik realistischer – doch nur mit dem richtigen Bildschirm können Sie von beidem profitieren. Wir stellen Ihnen attraktive Modelle vor.

Wie bei nahezu allen PC-Komponenten gibt es auch unter Monitoren ausgewiesene Gaming-Modelle. Gleich vorneweg: Das heißt nicht, dass diese für jeden PC-Gamer geeignet sind oder dass andere Monitore es nicht sind. Je nach Spielegenre unterscheiden sich auch die Ansprüche an das Display. Wer etwa schnelle Multiplayer-Shooter zockt, benötigt einen Monitor mit möglichst geringer Verzögerung zwischen Maus- und Cursorbewegung, dem sogenannten Input Lag. Technisch bedingt braucht ein Monitor einige Millisekunden, bis das Bild von der Grafikkarte auch auf der Mattscheibe angezeigt wird. Der Hersteller gibt im Datenblatt des Monitors lediglich die sogenannte Reaktionszeit an. Das ist aber nur die Dauer, die ein Pixel für einen Farbwechsel benötigt. Und weil sich geringe Werte in Datenblättern schöner machen, lesen wir hier nur etwa 1 bis 5 ms. Aber Vorsicht: Das ist nur die minimale Reaktionszeit bei einem Wechsel von Hellgrau nach Dunkelgrau. In diesem Fall müssen sich die Flüssigkristalle nur wenig drehen. Andere Farbwechsel haben andere, teils weitaus höhere Reaktionszeiten. Diese Datenblattangabe ist daher nur ein grobes Indiz für die Reaktionszeit des Monitors, die immer nur ein Teil des gesamten Input Lags ist. Außerdem nützt die beste Reaktionszeit nichts, wenn ein Monitor mit einer standardmäßigen Bildwiederholrate von 60 Hz nur alle 16 ms ein anderes Bild liefert. Bei 144 Hz schaut er alle 7 ms nach, ob die Grafikkarte ein neues Bild berechnet hat. Die Frequenz sollte schon dreistellig sein, wenn der Monitor fürs Gaming angeschafft wird. WQHD ist als Auflösung noch immer der Mainstream.

UHD mit 144 Hz ist da

Bereits im Januar 2017 wurden die ersten Panels mit UHD-Auflösung und 144 Hz angekündigt. Jetzt sind sie endlich auf den Markt gekommen. Doch lohnt es sich, von WQHD aufzurüsten? Nicht unbedingt. Entsprechende Monitore brauchen mehr Grafikleistung, sind sündhaft teuer und bieten einen vergleichsweise geringen Mehrwert. Greifen Sie daher ruhig zu einem aktuell verfügbaren Monitor, der zur Leistung Ihrer Grafikkarte und zu Ihren Anwendungsansprüchen passt. Für Multiplayer-Shooter lohnen sich 240 Hz. Nur wenn Sie auf hochauflösende Bildqualität stehen, ist die UHD-Auflösung oder das Ultrawide-Format etwas für Sie. Die Allzweckwaffe und unserer Meinung nach die goldene Mitte wäre ein WQHD-Monitor mit 27 Zoll und 144 Hz. Und dann ist da noch das Buzzword HDR. Kurz gesagt: Vergessen Sie es. Das lohnt sich lediglich mit DisplayHDR 1000, welches es fast nur mit teurem G-Sync Ultimate gibt. Das 600er HDR ist nett, aber kaum vorhanden und das 400er HDR nur witzloses Marketing. Zudem fehlt es den meisten „HDR"-Monitoren am dimmbaren Hintergrundlicht. Wenn es doch vorhanden ist, dann nur in wenigen Zonen. Daher noch einmal: Vergessen Sie HDR für den PC. *(mc)*

Full HD: Für Einsteiger, aber auch E-Sportler

Dell S2419HGF

Das reaktionsschnelle TN-Panel des Dell buhlt vor allem um die Gunst von Shooter-Spielern, die ein schlierenarmes Bewegtbild bevorzugen.

Im Budget-Bereich der Gaming-Monitore sind Qualitätsunterschiede zwischen den Panel-Typen wahrnehmbar. Spieler entscheiden sich für ein schlierenarmes Bewegtbild dank schnellem TN oder kräftige Farben mit VA-Panel. Der Dell bietet 6 Bit und FRC. Der Unterschied zu echten 8 Bit ist unserer Ansicht nach sichtbar. Angesichts des schlierenarmen Bewegtbilds ist dies für manche Spieler zu verschmerzen. An die kurzen Reaktionszeiten eines TN-Panels, im Schnitt hier 4,5 ms, kommen nur wenige IPS- oder gar VA-Panel heran. Die Anzahl der vom S2419HGF darstellbaren Farben ist mittelmäßig, dafür aber recht korrekt mit einer Delta-E-Abweichung von nur 1,5 nach manueller Anpassung. Die gute Farbtreue macht den Monitor wegen seines typischen TN-Blaustichs ab Werk nicht zum Geheimtipp für Bildbearbeiter, hierfür ist IPS besser geeignet.. Den für Gaming wichtigen sRGB-Farbraum deckt er jedoch vollständig ab. Sein Kontrast lässt mit 900:1 allerdings Wünsche offen, dieser ist bei IPS- oder VA-Panels stets besser.

ab ca. € 200,-

ab ca. € 450,-

Asus TUF Gaming VG259

Als Premium-Modell unter den eigentlich günstigen 24-Zöllern fehlt es dem Asus TUF Gaming VG259 an einem klaren Profil.

Der 24-Zoll große TUF Gaming VG259Q liegt mit seinem für Gaming-Monitore ungewöhnlich hellen IPS-Panel preislich oberhalb der Konkurrenz, bietet dafür auch etwas mehr. Neben einem kompletten Ergonomie-Paket, das dem des Dell in nichts nachsteht, bringt der Asus auch eingebaute Lautsprecher mit. Sein hoher Kontrastwert von rund 1.200:1 sorgt für sattere Farben als das TN-Panel des S2419HGF. Dafür ist seine Farbtreue mit einer Delta-E-Farbabweichung von 3,6 unterdurchschnittlich. Trotz Abdeckung des sRGB-Farbraums ist die Anzahl der von ihm darstellbaren Farben mit 980.000 für ein IPS-Panel vergleichsweise klein. Setzt man seine Overdrive-Funktion in Verbindung mit der ELMB genannten flimmernden Unschärfereduzierung ein, kommt es außerdem zu Ghosting. Schuld daran ist die zu hohe fest eingestellte Overdrive-Stufe. Die Reaktionszeit ist mit 4,3 ms allerdings so niedrig, dass die ELMB-Technik eigentlich verzichtbar ist. Sie ist hier ein I-Tüpfelchen für schnelle Shooter, bei denen die bestmögliche Schärfe gefragt ist.

Viewsonic Elite XG270

Mit seinem 240-Hz-Panel war der XG270 ein echter Pionier und dank seines IPS ist er ein starker Allrounder.

Der Viewsonic Elite XG270 ist der erste IPS-Monitor mit 240 Hz und löst mit Full HD auf, was bei seiner Diagonale von 27 Zoll zu einer Pixeldichte von nur 81,6 ppi führt. Dafür dürfte der XG270 der erste „240er" mit vollständiger sRGB-Farbraumabdeckung sein. Das ist nicht unerheblich, da dieser in der (Spiele-)Praxis fast immer verwendet wird. Schwarzwert und Kontrast schwächeln etwas, sind also nicht besser als bei guten TN-Modellen. Dennoch fällt hier der Kompromiss dank IPS etwas eher in Richtung Bildqualität aus, da die fast perfekte Blickwinkelstabilität die Stärke gegenüber den anderen Techniken ist. Vorbildlich ist zudem die Ausstattung: Die Unschärfereduzierung per Schwarzbild-Flimmern schärft Bewegungen nochmals deutlich. Viewsonic nennt das „PureXP". Leider funktioniert die Technik nicht zusammen mit G- oder Freesync. Eine seltene Ausstattung sind optionale Fokusblenden, die Reflexionen auf dem Schirm reduzieren sollen. Wegen der hohen Frequenz, die nicht wie bei TN auf Kosten der Bildqualität erkauft wird, ist der Monitor auch nicht billig.

ab ca. € 550,-

WQHD: Der zeitgemäße Pixelkompromiss

Acer XV272UP

Der Acer XV272UP punktet mit einem kontraststarken IPS-Panel und verzichtet auf nennenswertes HDR oder eine Reaktionszeit oberhalb von 144 Hz.

IPS-Panels sind bewährte Allrounder, die sich durch eine gute Blickwinkelstabilität und große Farbräume auszeichnen. So auch hier: Seine gute Farbtiefe von 10 Bit erreicht das Panel mittels Dithering (Framerate Control, FRC). Der Unterschied zu nativen 10 Bit ist hier kaum sichtbar – sehr wohl aber der gute Kontrast: Wir messen ein Verhältnis von 1.120:1. Auch alle anderen Messwerte sind überdurchschnittlich gut: Der Input Lag ist niedrig mit 9,9 ms (Bildmitte), die Reaktionszeiten von 5,6 ms im Schnitt ebenso. Das Overdrive ist ebenfalls gut ausbalanciert, sorgt für geringe Schlieren, ist aber von den Top-Modellen noch einige Nuancen an Schärfe entfernt. Freesync (sowie G-Sync) funktioniert jedoch nur bis ca. 130 Hz vollkommen rissfrei. Im Vergleich zum HP Omen X27 trifft seine Bildwiederholrate von 144 Hz gerade die Erwartungen an aktuelle Gaming-Monitore. Das schlägt sich jedoch auch in seinem Preis nieder, der mit rund 400 Euro fair ist.

ab ca. € 400,-

ab ca. € 600,-

HP Omen X 27

Der Omen X 27 vereint mit seinem TN-Panel eine WQHD-Auflösung, hohe Bildwiederholrate von 240 Hz und niedrige Reaktionszeiten. Das macht ihn zum Shooter-Experten.

Seit 2019 sind 240 Hz auch mit WQHD-Auflösung möglich. Der Omen X 27 ist eines der beiden ersten Modelle mit gleichem Panel. Hier handelt es sich wie auch schon bei den ersten 240ern um TN-Panels, jedoch diesmal mit nativen 8 Bit an Farbtiefe statt nur 6 Bit mit Framerate Control (FRC). Der X 27 bietet niedrige Reaktionszeiten und demnach mit 240 Hz auch ein absolut schlierenfreies Bewegtbild. Außerdem darf hier der Overdrive auf höchste Stufe hochgeschraubt werden, ohne bei 240 Hz an Ghosting oder Korona-Effekt zu leiden. Nach wie vor leidet das TN-Panel aber an schlechter Blickwinkelstabilität. Als Videobildschirm mit mehreren Zuschauern eignet er sich also nicht. Ebenso schwächelt der Kontrast mit seinem erhöhtem Schwarzwert etwas. Im Gegensatz zu den IPS- und VA-Modellen handelt es sich hier um einen Monitor für schnelle Shooter. Der Kompromiss bei der Bildqualität ist nicht ganz so groß wie bei den Full-HD-Modellen.

Asus ROG Strix XG279Q

Asus ROG Strix XG279Q: Nonplusultra-WQHD mit 170 Hz, niedrigen Reaktionszeiten, aber auch ziemlich hohem Preis.

Das neue Killer-Feature von Asus ist das sogenannte ELMB-Sync. Es erlaubt die Unschärfereduzierung mittels Hintergrundlicht-Flimmern, die Asus ELMB nennt, zusammen mit Freesync. Beide Funktionen schlossen sich bislang gegenseitig aus. ELMB-Sync gibt es aber auch im günstigeren (und nicht so viel schlechteren) VG27AQ. Gute WQHD-Monitore mit IPS-Panels gibt es schon für weniger als die Hälfte des Preises von 900 Euro, wie etwa den Acer XV272UP. Was macht der XG279Q besser? Zunächst bietet Asus bis zu 170 Hz, der sichtbare Unterschied zu konventionellen 144 Hz ist aber gering. Asus nennt nur DisplayHDR 400, wir messen selbst ohne HDR eine Maximalhelligkeit bis fast 500 cd/m² – ohne Einbußen am Kontrastverhältnis. In der Praxis reicht in hellen Räumen etwa die Hälfte aus. Die Reaktionszeit beträgt im Schnitt 3,3 ms. Damit hat er aktuell das schnellste IPS-Panel. Wie bei allen High-End-Produkten kosten die letzten Schritte zum Superlativ auch beim XG279Q unverhältnismäßig mehr.

ab ca. € 900,-

Ultra HD: Wenn nur die hohe Auflösung zählt

Asus ROG Swift XG27UQ

Der XG27UG kann nicht nur mit hoher Auflösung überzeugen. Farbstärke und niedrige Reaktionszeiten machen ihn auch zu einem tollen Monitor für Bildbearbeitung.

Im Vergleich zu Acer X27 und Asus XG438Q bietet der XG27UQ keinen Mehrwert durch HDR. DisplayHDR 400 verlangt Monitoren schließlich nichts ab, was gute Modelle nicht auch schon vorher geleistet hätten. Die Maximalhelligkeit des XG27UQ ist für den Alltagsbetrieb fast schon zu hell. Wie beim Acer Predator X27 ist auch im Asus ein IPS-Panel verbaut. Beide liegen zwar beim Kontrast hinter dem XG438Q zurück, bieten sich dafür mit Reaktionszeiten von durchschnittlich 5,6 beziehungsweise 5,4 ms aufgrund geringerer Schlierenbildung eher für schnelle Spiele an als der XG438Q mit seinen 8,7 ms. Besonders sticht der XG27UQ mit seiner Farbstärke heraus. Er stellt mehr als 1,2 Millionen Farbtöne dar. Mit einer Delta-E-Abweichung von 2,5 ist die Farbtreue ebenfalls gegeben. Mit dem blickwinkelstarken IPS-Panel ist der hochauflösende Monitor samt guter Messwerte auch ein hervorragendes Display für Grafikarbeiten.

Acer Predator X27

Dank 1.000er HDR, einem für IPS-Verhältnisse beeindruckenden Kontrast und hoher Farbtreue noch immer eines der besten 27-Zoll-Gesamtpakete.

Seit über eineinhalb Jahren ist der Predator X27 nun schon auf dem Markt und ist noch immer seiner Zeit weit voraus. Die einstigen 2.500 Euro sind zwar mittlerweile auf knapp 2.000 Euro gefallen, ein Schnäppchen ist der Acer damit aber noch nicht. Das IPS-Panel mit UHD-Auflösung, 144 Hz und 1.000er HDR mit 384 Dimming-Zonen ist jedoch nach wie vor das Beste, was man in einem Gaming-Monitor bekommen kann. Acer und Asus sind und bleiben wohl die einzigen mit diesem Panel. Zwischenzeitlich sind von Acer einige weitere Alternativen mit UHD und 144 Hz ohne G-Sync Ultimate erschienen, die weitaus günstiger sind. Die nächste Evolutionsstufe werden Mini LEDs sein. Wie in allen G-Sync-Ultimate-Modellen ist auch im Acer ein aktiver Lüfter verbaut, der in stillen Räumen leider auch hörbar ist. Unsinnigerweise ist er auch nicht reguliert und dreht selbst Minuten im Standby nach, frisst also stets etwas Strom. Mit etwas Geräuschkulisse im Raum stört er immerhin nicht den Spielegenuss.

Asus ROG Swift XG438Q

Mit 43 Zoll und DisplayHDR 600 setzt der XG438Q andere Prioritäten als die Mitbewerber und bleibt dabei gerade so noch bezahlbar.

Der 43 Zoll große Schirm von Asus wirkt wie ein sinnvoller Kompromiss aus Preis und Leistung. Einerseits bietet er eine 4K/UHD-Auflösung bei 120 Hz inklusive 600er HDR. Andererseits kostet er „nur" 1.200 Euro und ist damit unter den HDR-Monitoren relativ bezahlbar. Klar ist das HDR-Erlebnis mit nur acht Edge-Lit-Dimming-Zonen und maximalen 600 cd/m², die der Monitor knapp überbietet, ein anderes als das eines 1.000ers mit FALD. Immerhin bringt HDR hier schon einen Mehrwert. Davon abgesehen macht er auch in SDR eine gute Figur: Ein Kontrastverhältnis über 3.700:1 haben nur wenige VA-Panels. Das führt zu satten Farben, die der Asus auch recht treu wiedergibt. Nur die hohe Minimal-Helligkeit von mehr als 90 cd/m² könnte lichtempfindliche Gamer in abgedunkelten Räumen stören. Die VA-Schwäche in den Reaktionszeiten kompensiert Asus mittels Overdrive, wenn auch nicht ganz so effektiv wie die teuren G-Sync-Ultimate-Modelle, was aber insgesamt verschmerzbar ist.

Ultrawide: Das breite Panorama-Format

LC Power LC-M34-UWQHD

Der LC-M3-UWQHD spart zugunsten seines niedrigen Preises zwar an der Ausstattung. Dafür macht ihn seine Bildqualität zum Preis-Leistungs-Kracher.

LC Power verwendet das Panel des 550 Euro teuren C34H890 zum Preis von rund 390 Euro. Gespart wird bei der Ausstattung. Der LC Power hat einen starren Standfuß, ist deshalb weder höhenverstellbar noch drehbar und verzichtet auf USB-Anschlüsse. Mit knapp 350 cd/m² ist sein Bild dafür heller als Samsungs C34H890 mit maximal 265 cd/m². Der Kontrast ist mit ca. 2.800:1 bei beiden gleich und hervorragend. Der Delta-E-Wert des LC-Power M34 von 1,4 nach Kalibrierung bezeugt eine exzellente Farbtreue. Hier kam der C34H890 nur auf mittelmäßige 3. Die Bewegtbildqualität beider Monitore ist wie erwartet: VA-typische Ausreißer bei den Reaktionszeiten verursachen stärkere Schlieren bei dunklen Farben, der Durchschnitt von 6,5 ms kann sich aber sehen lassen.

LG Ultragear 38GL950G

Der LG stellt das Nonplusultra im Ultrawide-Bereich dar und rechtfertigt seinen erhöhten Preis mit einzigartiger Qualität, Vielfältigkeit und Ausstattung.

Mit Nano-IPS-Panel und einer Auflösung von 3.840 × 1.600 Bildpunkten kommt der LG Ultragear 38GL950G daher. Bislang waren bei 38-Zöllern maximal 75 Hz drin. Das ändert sich nun mit dem 38GL950G, der 175 Hz samt nativem G-Sync bietet. Durch einen hohen Schwarzwert von fast 0,5 cd/m² ist der Kontrastwert des Monitors mit 944:1 bestenfalls mittelmäßig. Diese kleine Schwäche haben auch andere aktuelle Nano-IPS-Panels. Die Reaktionszeiten des LG belaufen sich im Schnitt auf nur 3,8 ms, was den Monitor zu einem der schnellsten IPS-Panels macht. Überzeugen kann er außerdem mit seinem Farbreichtum, ihn auch für professionelle Grafikarbeiten qualifiziert. Diese Kombination macht den LG zu einem überzeugenden Ultrawide-Allrounder.

Samsung C49RG90

Der Samsung C49RG90 überbietet die Auflösung seines Vorgängers und verzichtet auf dessen Flimmern. Sein HDR hinkt der Konkurrenz dennoch hinterher.

Der RG90 bietet zwei 27-Zöller mit WQHD-Auflösung und 120 Hz in einem Monitor. Sein Vorgänger HG90 bestand noch aus zweimal Full HD. Er soll HDR mit einer Spitzenhelligkeit von 1.000 cd/m² darstellen können. Im Test konnten wir dem Panel jedoch nicht mehr als ca. 770 cd/m² abringen. HDR wird hier mit einem lokal dimmbaren Hintergrundlicht unterstützt, das aber wie auch schon im Vorgänger HG90 mit nur 16 Zonen nicht gerade feinmaschig ist. An die HDR-Qualität der teuren G-Sync-Ultimate-Modelle oder die von High-End-TVs kommt der RG90 nicht heran. Der Durchschnitt der Reaktionszeiten ist mit 5,8 ms angenehm niedrig, das VA-Panel leidet aber auch hier unter typischen Ausreißern in dunklen Farbwechseln. Diese stören jedoch nur bedingt.

Display-Exoten und -Alternativen

Asus ROG Swift PG65UQ

Der PG65UQ teilt sich sein Panel mit dem HP Omen X Emperium 65, ohne Rücksicht auf dessen gesunkenen Preis von 2.800 Euro zu nehmen.

Der Asus PG65UQ ist der zweite 65-Zöller nach dem HP und zeigt einige Unterschiede zu seinem Pendant, das schon ein Jahr auf dem Markt ist: Nvidia Shield etwa fehlt hier, also die Smart-TV-Oberfläche. Asus bietet nur zwei statt sechs Overdrive-Stufen. Das ist aber kein Nachteil, denn die mittlere liefert am Asus-BFGD ein nahezu schlierenfreies Bild. Beide Monitore haben die gleiche hervorragende Panel-Qualität inklusive sehr guter Farbkalibrierung ab Werk, niedriger Reaktionszeiten für ein VA-Panel und eines satten Kontrasts, sowohl in SDR als auch HDR. Mit durchschnittlich 6,22 ms sind die Reaktionszeiten des Asus ein wenig kürzer als die des HP, was ein einen Hauch weniger Schlieren verspricht. Dafür ist er mit rund 4.800:1 nicht so kontrastreich wie der Mitbewerber.

HP Omen X Emperium 65

Die potenzielle Kundengruppe des BFGD-Pioniers dürfte sich durch seinen gefallenen Preis etwas vergrößert haben. Seine Stärken und Schwächen bleiben jedoch die gleichen.

Mangels Testmustern für Medien zum Start der BFGDs (Big Format Gaming Displays) blieb nichts anderes übrig, als die nette Einladung eines unserer Leser anzunehmen, das Display bei ihm daheim durchzutesten. Die wesentlichen Unterschiede zu Fernsehern sind die 144 Hz in UHD-Auflösung und das HDR-fähige G-Sync Ultimate. Aber auch in SDR-Darstellung konnte der 65 Zoll große Monitor überzeugen. Sein Kontrastwert ist mit über 5.500:1 hervorragend und auch sein Farbraum lässt keine Wünsche offen. Mittlerweile ist der Preis des Monstrums von 4.000 auf 2.800 Euro gefallen, was noch immer ziemlich viel ist. Asus hat das gleiche Panel im PG65UQ auf den Markt gebracht. Dieser verzichtet auf Nvidia Shield als Software und ist noch deutlich teurer.

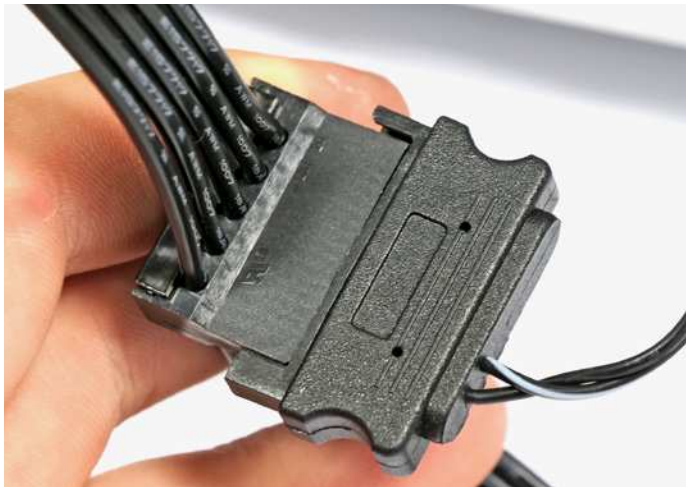
LG OLED 65C97LA

Die Grenze zwischen Monitoren und Fernsehern verschwimmt immer mehr. Ganz ohne Kompromisse greifen Gamer jedoch nicht zum TV-Gerät.

TV-Tuner und der fehlende Displayport-Anschluss unterscheiden Fernseher und Monitor. Die 2019er Serien (B9, C9 und E9) von LG erhalten G-Sync-Unterstützung per Software-Update. Während Nvidias Compatible-Programm mindestens eine Pascal-GPU erfordert, muss es hier eine aktuelle Turing-Grafikkarte sein. Die LG-Fernseher sind die ersten Displays, welche die dynamische Bildwiederholrate per HDMI (hier 2.1) nutzen. Darüber hinaus ist die Bildqualität überragend. Bei OLED leuchtet jedes Pixel selbst, was einen tiefen Schwarzwert und nahezu unendlichen Kontrast ermöglicht. In anderen Bereichen wie Farbtreue und Input Lag steht der Fernseher den BFGDs ebenfalls in nichts nach. Für knapp 2.000 Euro ist er zudem günstiger als die BFGDs.

Mach deinen PC zu deinem Ruhepol.
Verbanne störenden Lärm aus deinem Leben, und entscheide dich jetzt für superleise be quiet! Hardware.

Erhältlich bei:
alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de
computeruniverse.net · conrad.de · hiq24.de · e-tec.at
galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de



PC-Zusammenbau

Schritt für Schritt zum Traum-Rechner: Wir zeigen anhand eines beispielhaft zusammengebauten Gaming-PCs auf Ryzen-3000-Basis und vielen Bildern, wie Sie diese Aufgabe meistern.

Die Auswahl der richtigen Teile ist nur die halbe Miete. Wenn Sie den Zusammenbau des selbst zusammengestellten Computers nicht vom Händler Ihrer Wahl durchführen lassen möchten, haben Sie die anspruchsvollste Aufgabe noch vor sich. Doch keine Sorge, Hilfe naht: In diesem Artikel demonstrieren wir anhand von zwei Beispielkonfigurationen, wie Sie die Teile clever und schadenfrei verkuppeln.

Umgang mit Hardware

Für all diejenigen, die noch nie Hardware in der Hand hatten, hier eine kleine Entwarnung: Elektronik wird in erstaunlich robusten Formaten ausgeliefert, großflächige mechanische Schäden sind nur selten und nach großer Krafteinwirkung zu beobachten. Vorsicht ist aber bei Werkzeugeinsatz und der Bewegung großer Objekte in der Nähe von Platinen geboten, denn Kratzer können Leiterbahnen unterbrechen und viele kleine aufgelötete Bauteile reagieren empfindlich auf seitliche Krafteinwirkung – abrutschende Schraubendreher sind tödlich für Hardware!

Ebenfalls empfindlich sind offen liegende Kontakte. Pins (die kleinen „Beinchen“ aus Gold) aktueller AMD-Prozessoren beziehungsweise die Kontaktfedern im Sockel von Intel-CPUs verbiegen schnell und lassen sich nur mit viel Fingerspitzengefühl wieder richten. Aber auch robuste Kontakte an Platinen sollte man nach Möglichkeit nicht direkt anfassen, denn statische Entladungen können die angebundenen Chips beschädigen. Der erste Schritt vor PC-Bastelarbeiten sollte deswegen nicht nur eine Trennung der Hardware vom Stromnetz sein, sondern auch eine Erdung der eigenen Person beispielsweise an einem blanken Heizungsrohr. Aus dem gleichen Grund wird Hardware übrigens in antistatischen Tüten geliefert, deren metallische Beschichtung enthaltene Komponenten vor etwaigen Entladungen schützt. Dieses leitfähige Material sollte nicht als Unterlage für Testaufbauten genutzt werden!

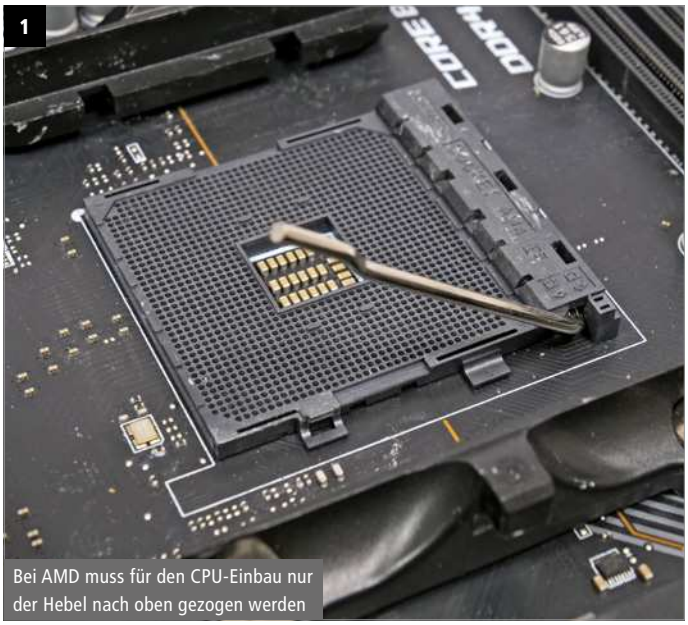
Das richtige Werkzeug

Strom, statische Ladung und brachiale Gewalt sind beim PC-Zusammenbau also zu vermeiden. Sehr nützlich ist dagegen ein Kreuzschlitz-Schraubendreher mittlerer Größe, ein PH2 passt zu quasi allen im PC-Bereich üblichen Schrauben. Diese sind mit zwei verschiedenen Gewinden im Einsatz: Das feinere M3-Format ist typisch für 5,25- und 2,5-Zoll-Laufwerke, das gröbere amerikanische UNF 6-32 kommt bei 3,5-Zoll-Laufwerken und meist auch bei Mainboard- und Grafikkartenbefestigungen zum Einsatz.

Mit sanfter Gewalt lassen sich M3-Schrauben auch in die etwas größeren UNF-Gewinde drehen. Das Gewinde wird dabei aber beschädigt und die Schraube findet nicht dauerhaft Halt! Ein dritter Typ sind selbstschneidende Grobgewindeschrauben mit etwas größerem Durchmesser, die direkt in den gewindelosen Kunststoff von Lüfterrahmen gedreht werden. *(wt)*

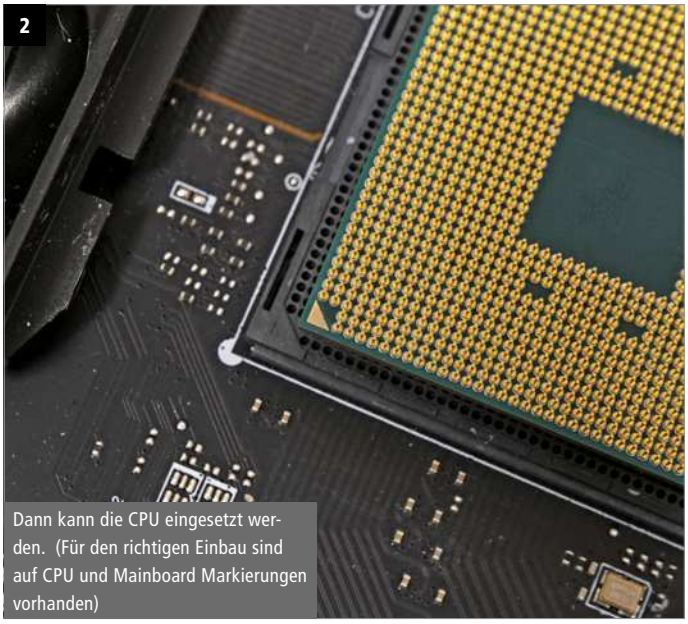
Einbau der CPU (AMD)

1



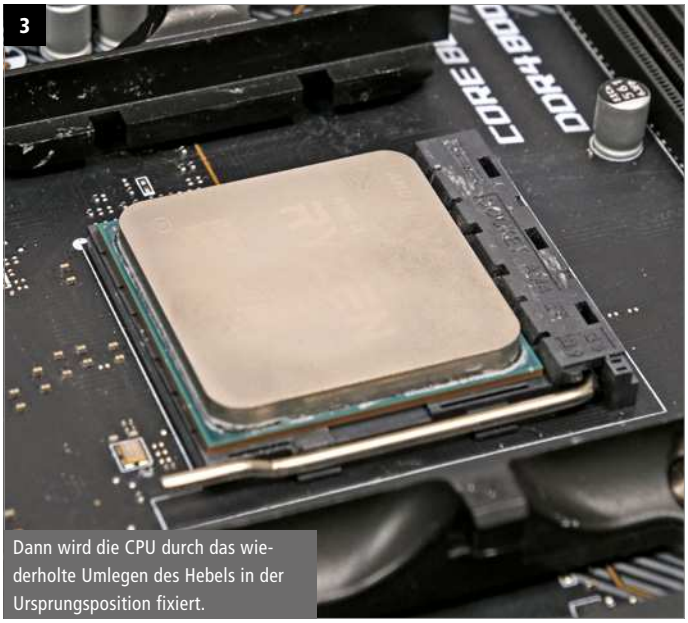
Bei AMD muss für den CPU-Einbau nur der Hebel nach oben gezogen werden

2



Dann kann die CPU eingesetzt werden. (Für den richtigen Einbau sind auf CPU und Mainboard Markierungen vorhanden)

3



Dann wird die CPU durch das wiederholte Umlegen des Hebels in der Ursprungsposition fixiert.

Einbau der CPU (Intel)

1

Das Verfahren ist bei Intel ähnlich. Hier gibt es einen Hebel, der nach unten und zur Seite gedrückt und somit gelöst wird.

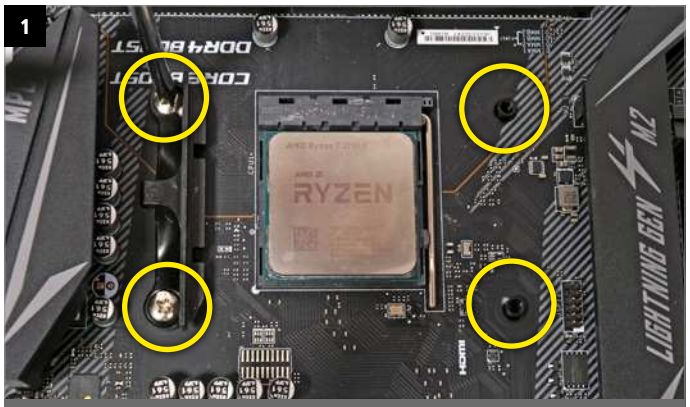
2

Hier gibt es ebenfalls Orientierungspunkte. Am besten richtet man sich nach den Einkerbungen an der CPU und den Nasen im Sockel.

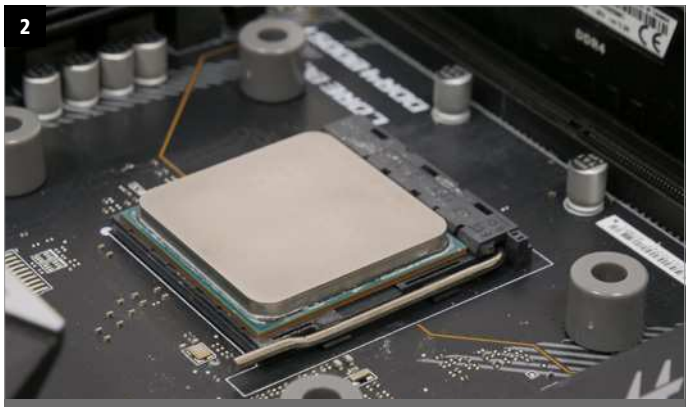
3

Beim wiederholten Herunterdrücken des Hebels springt die Sockelabdeckung von selbst vom Sockel.

Montage des CPU-Kühlers

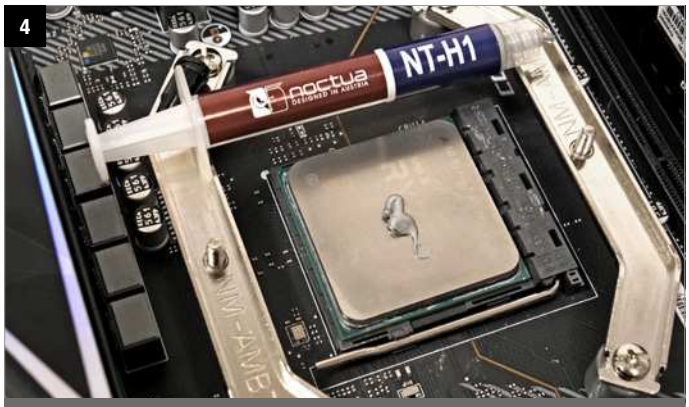


Um unseren Noctua-Kühler zu montieren, müssen wir zuerst die vier Schrauben lösen, die den originalen Halterahmen befestigen.



Die mitgelieferten Hülsen werden dann auf die herausstehenden Gewinde der Backplate gesteckt.

Dann werden die beiden Brackets mit den beim CPU-Kühler beiliegenden Schrauben verschraubt.

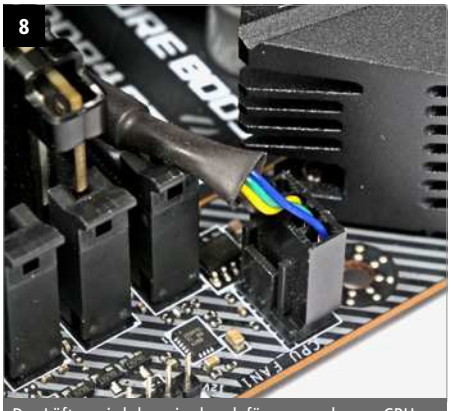


Bei der Wärmeleitpaste reicht ein kleiner Klecks in der Mitte (in etwa so groß wie ein gekochtes Reiskorn). Verstreichen ist nicht unbedingt nötig.

Der Kühler kann dann aufgesetzt und festgeschraubt werden.

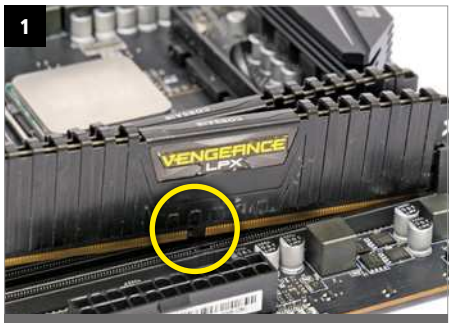
Um es später mit der Montage der Lüfter einfacher zu haben, befestigt man die Klammern am besten vorher.

So lässt sich der Ventilator später einfach auf den Kühler spannen.



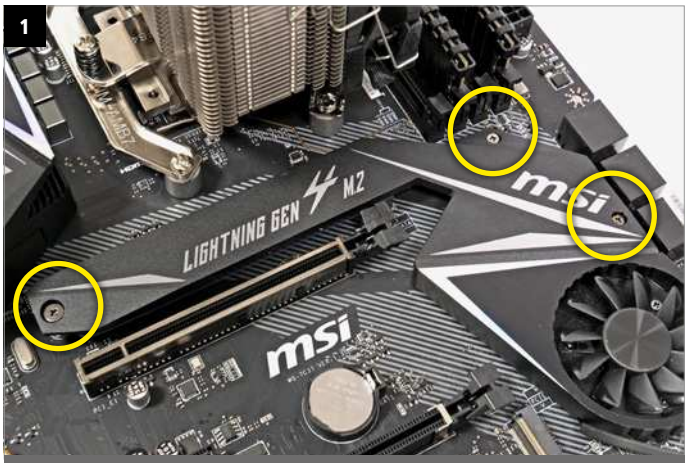
Der Lüfter wird dann in den dafür vorgesehenen CPU-FAN-Anschluss auf dem Mainboard gesteckt.

Montage des Arbeitsspeichers



Der Einbau des Arbeitsspeichers ist einfach. Hier muss lediglich die Kerbe übereinstimmen und dann wird der Speicher einfach in den Slot gedrückt.

Montage M.2-SSD



Um die M.2-SSD zu verbauen, muss bei vielen Mainboards als Erstes eine Abdeckung entfernt werden. Diese dient gleichzeitig zur Kühlung.

Dann wird die SSD einfach eingesteckt …

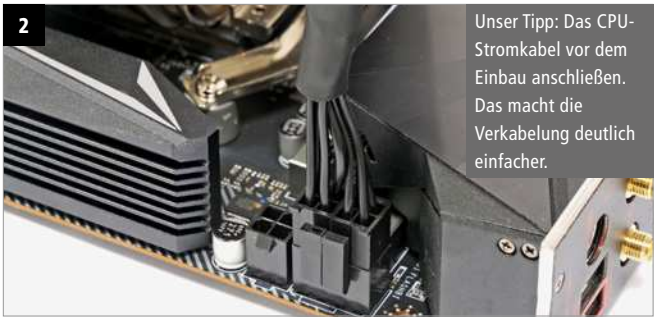
… und mit der beiliegenden Schraube befestigt.

Auf dem Wärmeleitpad, welches Kontakt zur SSD aufnimmt, befindet sich eine Schutzfolie. Diese wird nun entfernt und die Abdeckung wieder verschraubt.

Unser Mainboard ist nun voll bestückt und kann in das Gehäuse eingebaut werden.

Einbau Mainboard

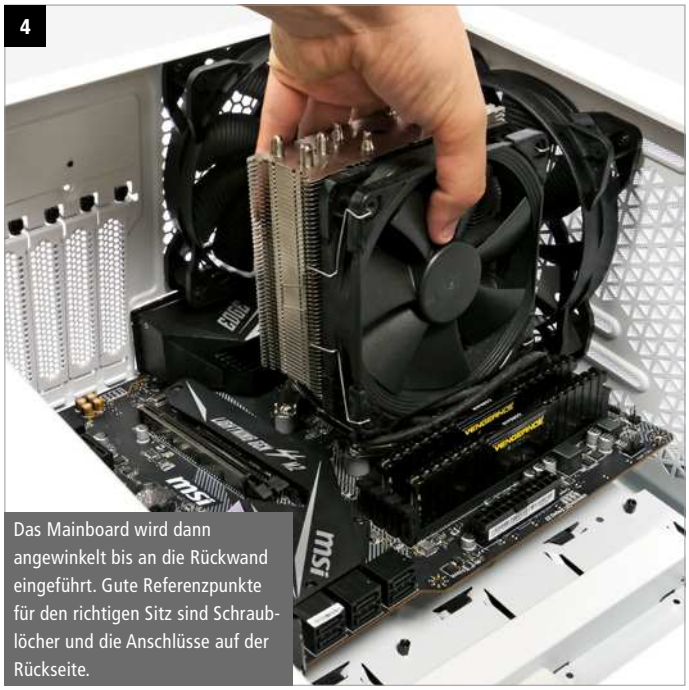
Für den Einbau sollten gleich beide Seitenteile entfernt werden, da die Kabel sonst nicht erreichbar sind.



Unser Tipp: Das CPU-Stromkabel vor dem Einbau anschließen. Das macht die Verkabelung deutlich einfacher.

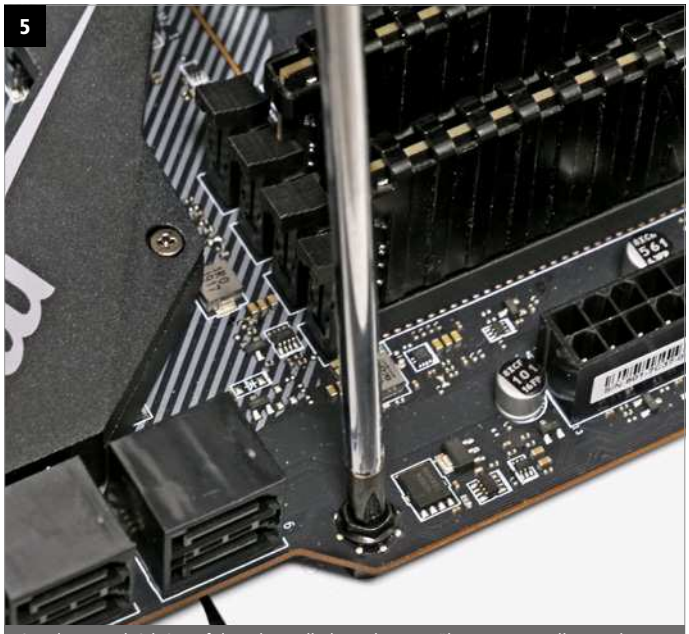
So kann das Kabel beim Einlegen des Mainboards durch die Aussparung über dem Sockel nach hinten geführt werden.

4



Das Mainboard wird dann angewinkelt bis an die Rückwand eingeführt. Gute Referenzpunkte für den richtigen Sitz sind Schraublöcher und die Anschlüsse auf der Rückseite.

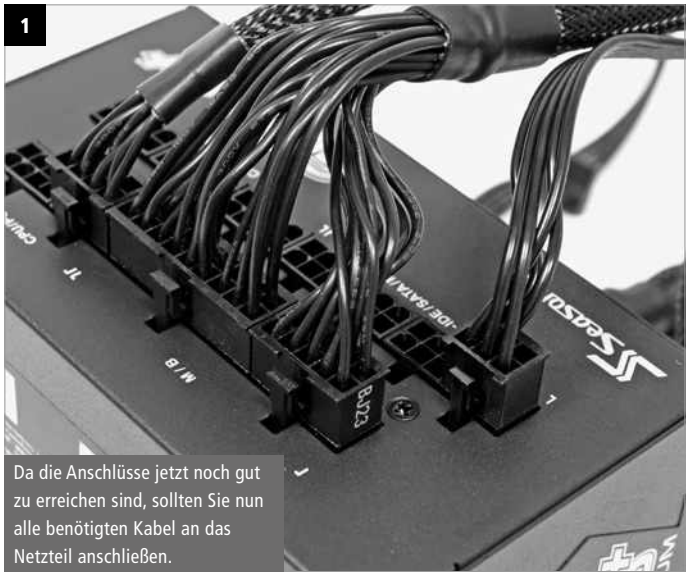
5



Sitzt das Board richtig auf den Abstandhaltern, kann es über Kreuz an allen Punkten verschraubt werden.

Einbau Netzteil

1



Da die Anschlüsse jetzt noch gut zu erreichen sind, sollten Sie nun alle benötigten Kabel an das Netzteil anschließen.

2

Bei diesem Gehäuse gibt es eine Blende, die erst auf das Netzteil geschraubt wird, …

3

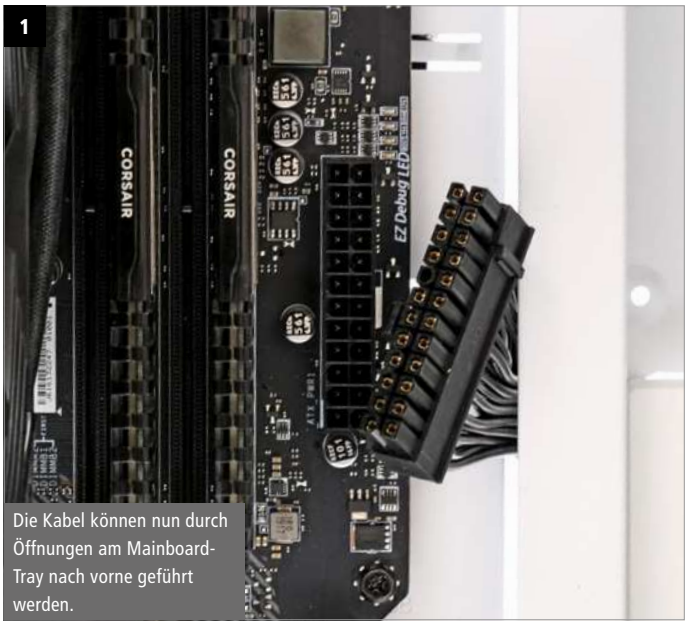
… damit dieses danach von hinten in das Gehäuse eingeschoben werden kann.

4

Das vorher am Motherboard angeschlossene CPU-Stromkabel können wür nun mit dem Netzteil verbinden.

Mainboard verkabeln

1

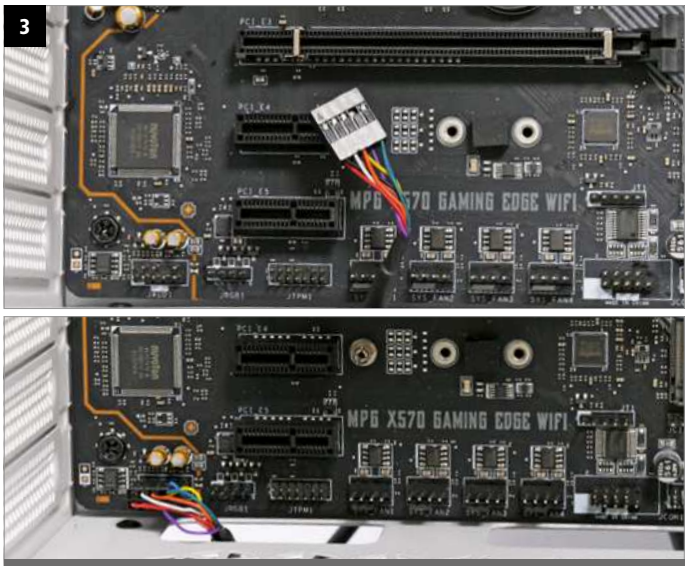


Die Kabel können nun durch Öffnungen am Mainboard-Tray nach vorne geführt werden.

2

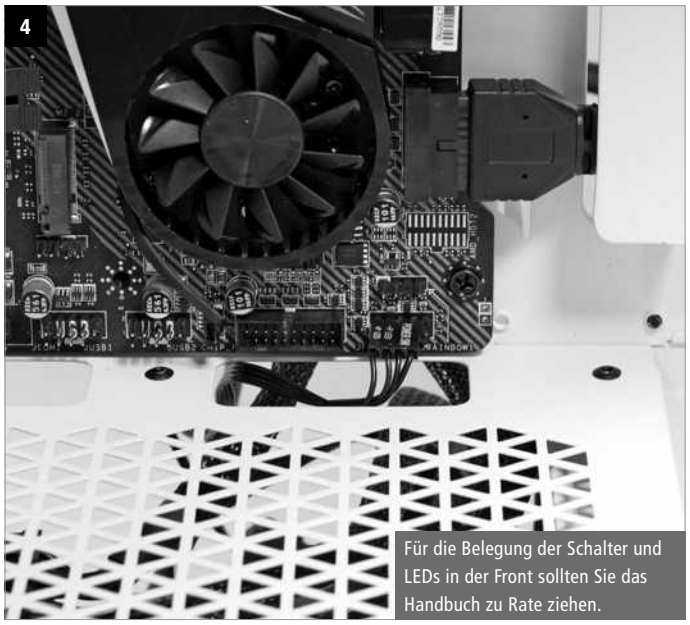
Der USB-3.0-Stecker für Anschlüsse am Front-Panel ist sehr empfindlich. Hier sollte man besondere Vorsicht walten lassen.

3



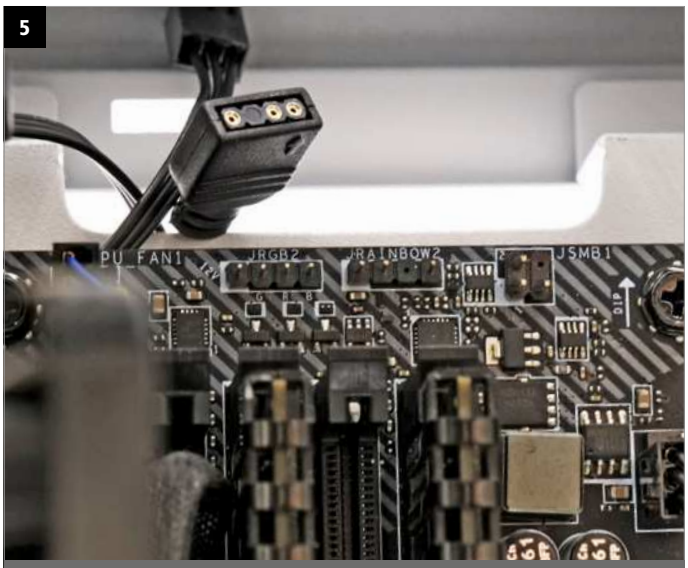
In vielen Gehäusen gibt es dedizierte Aussparungen für die Front-Panel-Anschlüsse wie Audio oder USB 2.0

4



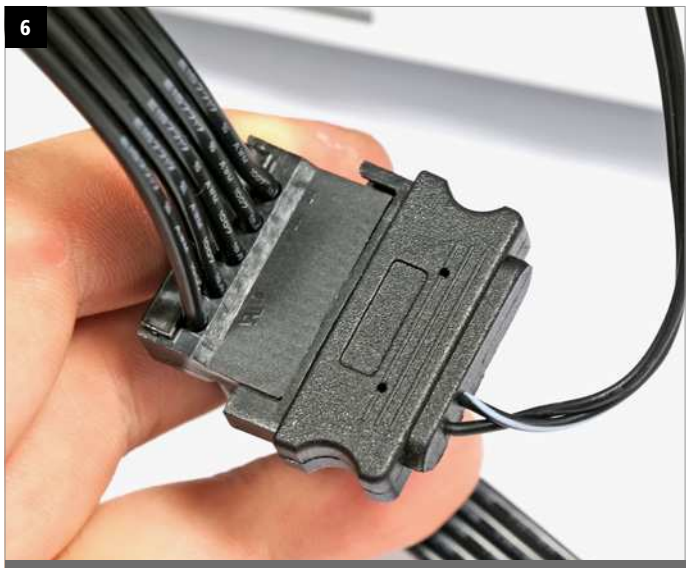
Für die Belegung der Schalter und LEDs in der Front sollten Sie das Handbuch zu Rate ziehen.

5



Wenn kein RGB-Controller vorhanden ist, besteht die Möglichkeit, die LEDs direkt an das Mainboard anzuschließen.

6



Viele Gehäuse benötigen eine zusätzliche Stromversorgung. Diese ist meist über Molex oder wie in unserem Fall SATA Power realisiert.

SSD-Einbau

1

Bei unserem gewählten Gehäuse lassen sich auch auf der Rückseite SSDs verbauen. diese Halterung lässt sich einfach entfernen.

2

Die SSD kann dann verschraubt werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Anschlüsse für einfacheres Kabelmanagement nach oben oder unten zeigen.

3

Um die SSD mit dem Mainboard zu verbinden, sollte ein SATA-6-GBPS-Anschluss verwendet werden. Alle aktuellen Mainboards bieten mindestens vier davon.

4

Auf der anderen Seite des SATA-Kabels muss natürlich auch die SSD angesteckt und zusätzlich mit einem SATA-Power-Kabel mit Strom vom Netzteil versorgt werden.

ANZEIGE

Die besten Schnäppchen

Der PCGH-Schnäppchenführer
Die besten Hardware-, Spiele- und Filmschnäppchen – täglich aktualisiert!
www.pcgh.de/spartipps

PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer

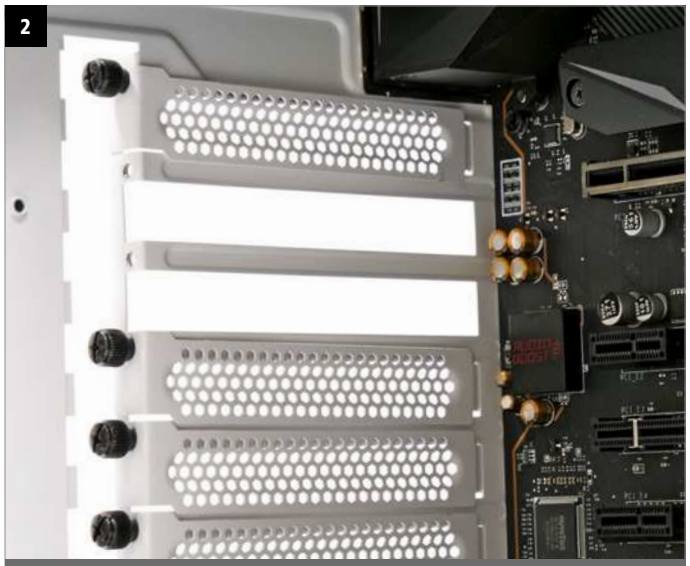
PCGH

Einbau der Grafikkarte

1

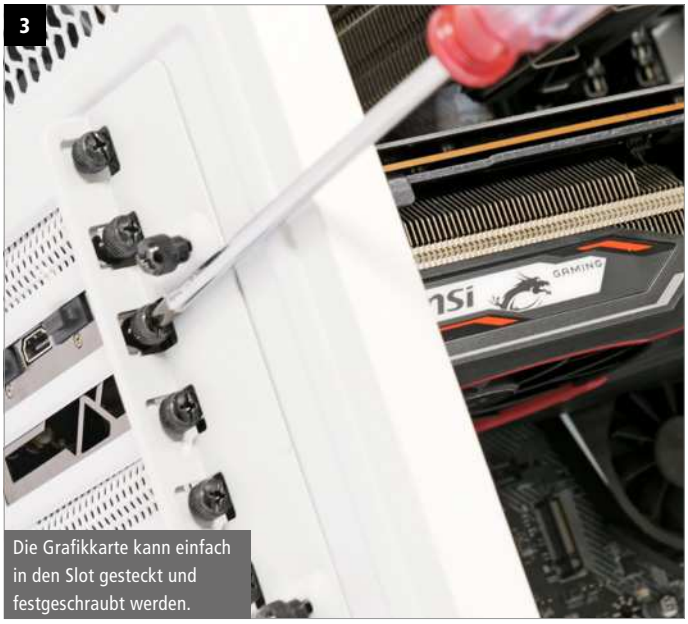
Für den Grafikkarteneinbau muss als Erstes die richtige Anzahl an PCI-Blenden entfernt werden.

2



Die meisten Karten benötigen zwei Slots und müssen im ersten PCI-Express-X16-Slot auf dem Mainboard sitzen.

3



Die Grafikkarte kann einfach in den Slot gesteckt und festgeschraubt werden.

4

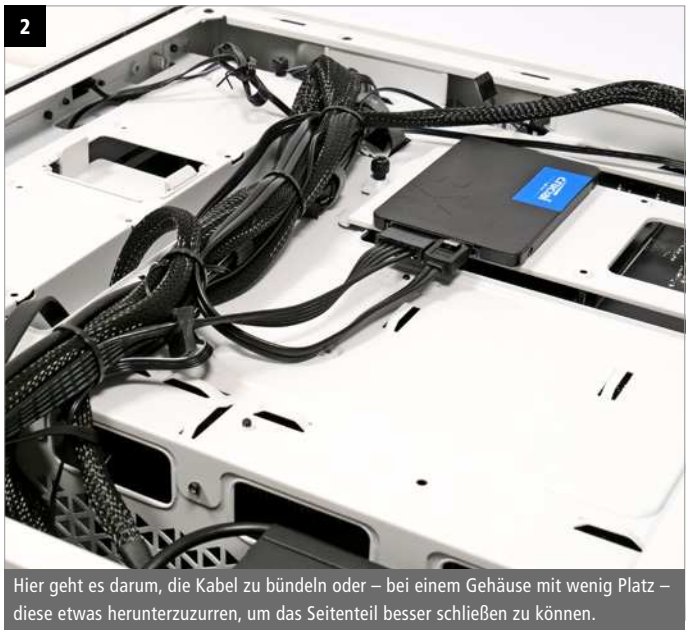
Die Stromversorgung erfolgt in unserem Fall über zwei 8-Pin-Stecker. Bei der Grafikkarte müssen alle Kabel verbunden werden.

5

Die Grafikkarte kann durch ihren schweren Kühler etwas herunterhängen. Für den Transport des PCs empfehlen wir daher, diese erst auszubauen, um Schäden vorzubeugen.

Kabelmanagement

Ein letzter und optionaler Schritt ist das Verlegen der Kabel.



Hier geht es darum, die Kabel zu bündeln oder – bei einem Gehäuse mit wenig Platz – diese etwas herunterzuzurren, um das Seitenteil besser schließen zu können.

Der fertige Gaming-PC

AQUAFUSION
120 | 240 | 360mm

ENERMAX
POWER. INNOVATION. DESIGN.
30 YEARS

Intel LGA 1200 Support

AM4 Support

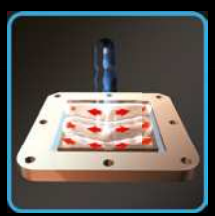
RGB Addressable ENERMAX | AURA SYNC | RGB FUSION 2.0 GIGABYTE | RAZER CHROMA | ASRock POLYCHROME SYNC | msi MYSTIC LIGHT SYNC

Dual-Chamber

Das patentierte Dual-Chamber-Design isoliert die Pumpe vom erwärmten Kühlmittel, reduziert damit die Temperaturbelastung der Elektronik und sorgt so für eine längere Lebensdauer des Kühlers.

Central Coolant Inlet (CCI) mit Shunt-Channel-Technologie (SCT)

Der Central Coolant Inlet (CCI) injiziert das Kühlmittel über der heißesten Stelle der CPU, um die Kühlleistung zu erhöhen. Die patentierte Shunt-Channel-Technologie (SCT) verkürzt den Kühlmittelflussweg und führt zu einer schnelleren Wärmeübertragung.



alternate.de | amazon.de | bora-computer.de | computeruniverse.net | csv-direct.de
jacob.de | kmcomputer.de | nexoc-store.de | notebooksbilliger.dezz

Cleverer Fps-Boost

Mehr Leistung kostenlos – wer will das nicht? Hardwarenahe Programmierung macht's möglich und ist auf dem Vormarsch. PCGH verrät, wie Sie von der „schönen neuen Welt" profitieren.

Auf den Konsolen sind sie Standard, am PC eine wiederbelebte Idee: Low(er)-Level-Schnittstellen. Doch was bedeutet das eigentlich und welche Spiele lassen sich mit den „Wundermitteln" Direct X 12 und Vulkan beschleunigen? PCGH klärt auf, wie es Mitte 2020 um die Lower-Level-APIs bestellt ist.

Vereinfacht gesagt bezieht sich die „Tiefe" auf die Nähe zur Hardware: Je direkter man mit ihr kommuniziert, desto schneller können Befehle umgesetzt werden. Das Problem dabei ist, dass Maschinen weder Deutsch noch Englisch oder eine andere menschliche Sprache beherrschen. Um den Hauptvorteil des PCs – seine Vielseitigkeit mit beinahe unendlich vielen Hardware-Kombinationen – zu gewährleisten, wurde dazu übergegangen, die Ansprache allgemein zu halten. Dafür wurden Standards wie Direct X geschaffen. Deren Abstrahierungsschichten übernehmen die Aufgabe des Übersetzers, Entwickler müssen nicht mehr direkt mit den Prozessoren sprechen. Problematisch an der zwischenzeitlich sehr hohen Abstrahierung (High-Level) ist, dass die zahlreichen Schichten Leistung kosten. Dieselbe Hardware wäre bzw. ist bei direkter Programmierung schneller. Die Konsolen machen es vor: Diese arbeiten seit Jahren mit „Closer to the metal"-Programmierung – das ist angesichts der immer gleichen Hardware, auf die man gezielt und direkt optimieren kann, kein Kunststück. Somit erzielen die Spielzeuge von Microsoft, Sony & Co. Ergebnisse, die man am PC nur mit wesentlich stärkerer Hardware bewundern kann.

Kurze Dienstwege führen also zu schnellen Ergebnissen. Verwaltungsaufwand, Overhead genannt, ist zu vermeiden. Neben Optionen, die Grafikberechnung zu optimieren, sind es vor allem die Möglichkeiten zur besseren Prozessornutzung, welche für eine Lower-Level-Schnittstelle sprechen. Dieser Weg ist jedoch steinig für Spieleentwickler: Die Nutzung einer Low-Level-API erlaubt großartige Ergebnisse, erfordert jedoch reichlich Know-how und Zeit. Alle Ressourcen, etwa die Speicherpools und Render-Threads, müssen selbst verwaltet werden, während unter Direct 3D 11 vieles vom Grafiktreiber geregelt wird. So kommt es, dass Direct X 12 und Vulkan selbst Jahre nach ihrer Vorstellung ein Nischendasein fristen. Doch einige Spiele zeigen bereits, was möglich ist.

Die Entwicklung ist durchweg positiv. Nicht nur, dass immer mehr Spiele mit Low-Level-Support erscheinen, Direct X 12 zeigt sich nun außerdem offener als zuvor. Anfangs war DX12 ein exklusiver Bestandteil von Windows 10. Mittlerweile bringen einige Spiele, darunter Call of Duty: Modern Warfare, Gears Tactics und WoW, Übersetzer-Dateien mit, die DX12 auch unter Windows 7 lauffähig machen. Nutzer des alten Betriebssystems müssen somit nicht konsequent auf neue Spiele mit der betriebssystemunabhängigen Alternative Vulkan hoffen, sondern kommen ebenfalls in den Genuss einiger DX12-Spiele.

Auf den folgenden Seiten erfahren Sie, welche Spiele Low-Level-Support bieten und welche Auswirkungen das hat.

Auszug: Spiele mit beschleunigender Lower-Level-Schnittstelle (Stand: Juni 2020)

Spiel	Verfügbare Low-Level-API(s)	Anmerkung / PCGH-Empfehlung
Anno 1800	Direct X 12	DX12 entlastet den Prozessor enorm und ist daher fast immer performanter als DX11.
Ashes of the Singularity	Direct X 12 & Vulkan	Die Low-Level-APIs verhelfen sowohl zu besserer CPU- als auch GPU-Nutzung.
Battlefield 1	Direct X 12	Frostbite-Engine. Stuttering unter DX12, daher ist DX11 meist die bessere Wahl. DX12 hilft nur schwachen CPUs.
Battlefield 5	Direct X 12	Mittlerweile gute Performance unter DX12, auch im Grafiklimit. Benötigt DX12/DXR für Raytracing.
Battlezone	Direct X 12	-
Borderlands 3	Direct X 12	Unreal Engine 4. Nach einigen Patches läuft DX12 auf den meisten Systemen besser als DX11.
Call of Duty: Modern Warfare	Direct X 12	DX12-only (benötigt DX12 für Raytracing) und liefert einen DX12-Fallback für Windows 7 mit.
Civilization 6	Direct X 12	DX12 erweist sich auf den meisten Systemen als etwas schneller.
Control	Direct X 12	Benötigt DX12 für Raytracing – und läuft auch ohne auf den meisten Systemen mit DX12 am besten.
Deliver Us The Moon	Direct X 12	Unreal Engine 4. Benötigt DX12 für Raytracing.
Deus Ex: Mankind Divided	Direct X 12	Auf den meisten Systemen ist DX11 schneller, auf langsamen Proezssoren DX12 ausprobieren.
Doom (2016)	Vulkan	id Tech 6. Vulkan steigert die Bildrate um bis zu 200 (!) Prozent ggü. OpenGL.
Doom 3 BFG	Vulkan	-
Doom Eternal	Vulkan	id Tech 7 – läuft sehr gut auf fast jedem PC. Vulkan-only, keine API-Wahl.
Dota 2	Vulkan	-
FIFA 18	Direct X 12	Frostbite-Engine
F1 2018	Direct X 12	Experimentell, auf den meisten Systemen ist DX11 die bessere Option.
F1 2019	Direct X 12	Codemasters' Ego-Engine. Gute DX12-Implementierung, höhere Leistung und mehr Effekte.
Fortnite	Direct X 12	Unreal Engine 4. DX12 beschleunigt in erster Linie prozessorlimitierte Rechner.
Forza Horizon 3 & 4	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Forza Motorsport 6 & 7	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Gears of War 4	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Gears of War 5	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl). Unreal Engine 4 mit gutem DX12.
Gears of War: Ultimate Edition	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Gears Tactics	Direct X 12	Unreal Engine 4 mit gutem DX12(-only).
Grid (2019)	Direct X 12	Codemasters' Ego-Engine. DX12-only.
Halo 5: Forge	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Halo Wars 2	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher automatisch DX12 (keine Wahl).
Hitman	Direct X 12	DX12 entlastet den Prozessor und bringt auf AMD-GPUs immer Vorteile. Mit Geforce: ausprobieren.
Hitman 2	Direct X 12	DX12 entlastet den Prozessor und bringt auf AMD-GPUs immer Vorteile. Mit Geforce: ausprobieren.
Journey to the Savage Planet	Direct X 12	Unreal Engine 4. DX12 beschleunigt in erster Linie prozessorlimitierte Szenarien – dafür aber signifikant.
Mechwarrior 5	Direct X 12	Seit April 2020 mit DX12-Support (benötigt DX12/DXR für Raytracing).
Metro Exodus	Direct X 12	DX12 ist laut PCGH-Tests stets schneller als DX11. Benötigt DX12 für Raytracing.
Minecraft Windows 10 Edition	Direct X 12	UWP-/Windows-Store-Applikation, daher keine API-Wahl. Minecraft RTX verwendet die DX12-Erweiterung DXR.
Monster Hunter World	Direct X 12	DX12 steigert die Leistung auf vielen, aber nicht allen Systemen, vor allem die Min-Fps/P99 steigen an.
No Man's Sky	Vulkan	-
Quantum Break	Direct X 12	Nur bei Windows-Store-Version (UWP). DX12 verhilft hier vor allem AMD-GPUs zu besseren Fps.
Rage 2	Vulkan	Läuft dank Vulkan extrem flüssig, vor allem Prozessoren werden entlastet. Keine API-Wahl.
Rainbow Six: Siege	Vulkan	Vulkan seit Spielversion 4.3 implementiert, Direct X 11 weiterhin als Fallback enthalten.
Red Dead Redemption 2	Direct X 12 & Vulkan	Vulkan-API läuft auf den meisten Systemen mittlerweile etwas besser (und stabiler) als DX12.
Resident Evil 2 (2019)	Direct X 12	Läuft laut PCGH-Tests auf den allermeisten Systemen mit DX11 besser.
Resident Evil 3 (2020)	Direct X 12	Läuft laut PCGH-Tests auf den allermeisten Systemen mit DX12 besser, gerade bei langsamen/alten Prozessoren.
Rise of the Tomb Raider	Direct X 12 & Vulkan	DX12 entlastet GPU und CPU, wobei vor allem Letztere in offenen Arealen profitiert. Linux-Version: Vulkan.
Rust	Direct X 12 & Vulkan	Experimentell, auf den meisten Systemen ist DX11 die bessere Option.
Serious Sam 3 & Fusion/HD	Vulkan	Nur mittels Wrapping, Direct X 11 erweist sich als schneller.
Shadow of the Tomb Raider	Direct X 12 (Linux: Vulkan)	DX12 macht das Spiel erst richtig flüssig, erste Wahl auf entsprechenden Systemen.
Sniper Elite 4	Direct X 12	DX12 beschleunigt unter anderem die Grafikberechnung mittels Async Compute, absolut empfehlenswert.
Star Wars Battlefront 2	Direct X 12	Frostbite-Engine. Stuttering unter DX12, daher ist DX11 meist die bessere Wahl. DX12 hilft nur schwachen CPUs.
Strange Brigade	Direct X 12 & Vulkan	DX12 beschleunigt unter anderem GPUs mittels Async Compute, empfehlenswert. Vulkan etwas langsamer.
The Division 1 & 2	Direct X 12	DX12 entlastet GPU und CPU, absolut empfehlenswert.
The Surge 2	Direct X 12 & Vulkan	-
The Talos Principle	Direct X 12 & Vulkan	Nur mittels Wrapping, Direct X 11 erweist sich als schneller.
The Turing Test	Direct X 12	Experimentell
Total War: Warhammer 1 & 2	Direct X 12	Experimentell, Direct X 11 erweist sich als fast immer schneller.
Wolfenstein 2	Vulkan	id Tech 6.5. Läuft dank Vulkan extrem flüssig, CPUs und GPUs werden stark entlastet. Keine API-Wahl.
Wolfenstein: Youngblood	Vulkan	id Tech 6.5. Vulkan-only. Bietet seit Januar 2020 Raytracing mittels Nvidia-Extension.
World of Warcraft	Direct X 12	DX12 entlastet den Prozessor, gerade in Arealen mit vielen Objekten/Charakteren fühlbar.
World War Z	Vulkan	Steigert Performance deutlich, inbesondere Radeon-GPUs profitieren.
X4: Foundations	Vulkan	Keine API-Wahl, Vulkan-only – und dennoch stark CPU-abhängig.
X-Plane 11	Vulkan	Seit Beta-Version 11.50. Beflügelt die Bildrate, gerade auf Radeon-GPUs.
X Rebirth: VR Edition	Vulkan	Keine API-Wahl, Vulkan-only.
Zombie Army 4	Direct X 12 & Vulkan	Beide APIs erzeugen eine bemerkenswert hohe Performance auf beinahe jedem PC.

Anno 1800 (Direct X 12 vs. Direct X 11)

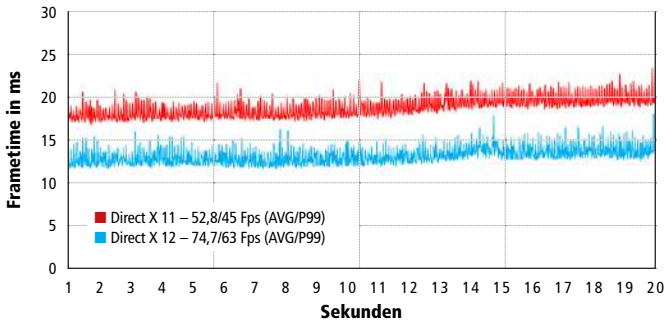
Die Aufbauspielserie made in Germany erfreut sich anhaltender Beliebtheit. Mit Anno 1800 gelang Ubisoft Blue Byte Mainz (ehemals Related Designs) ein Volltreffer. Die industrielle Revolution sah am PC noch nie zuvor so prächtig aus. Die Anforderungen an die Hardware fallen jedoch happig aus.

Als erster Serienableger unterstützt Anno 1800 die DX12-Schnittstelle. Wir haben uns anhand der aktuellen Spielversion angesehen, welche Auswirkungen ein Wechsel von DX11 auf die Bildrate hat. Das Kernproblem bei allen komplexen Aufbau-/Simulationsspielen ist das sogenannte „Late Game“: Floriert die eigene Stadt, muss der Rechner unzählige Objekte darstellen, Routen berechnen und die Logistik am Laufen halten. Das stresst den Hauptprozessor ungemein, lässt sich jedoch bei entsprechender Programmierung gut parallelisieren. Anno 1800 zieht auch unter Direct X 11 Nutzen aus Mehrkernprozessoren, die Skalierung geht jedoch kaum über vier Cores hinaus.

Unter Direct X 12 ist eine effizientere Nutzung der Kerne und Threads möglich. Wir testen anhand des Late-Game-Spielstands „Bright Sands“ (im Bild) die Auswirkungen auf einem potenten Sechskernsystem. Egal ob Radeon oder Geforce, die Bildrate im dominanten CPU-Limit, wie es bei großen Städten immer vorliegt, steigt um mehr als 40 Prozent – bei gleicher Bildqualität. Wer die Reserven in ein hübscheres Bild investiert, erlebt womöglich eine Überraschung: Limitiert die GPU, läuft DX12 zumindest auf Geforce-Chips langsamer als DX11, allerdings bei regelmäßigerer Bildausgabe. Bei Radeon-Grafikkarten ist DX12 stets im Vorteil.

Geforce im CPU-Limit

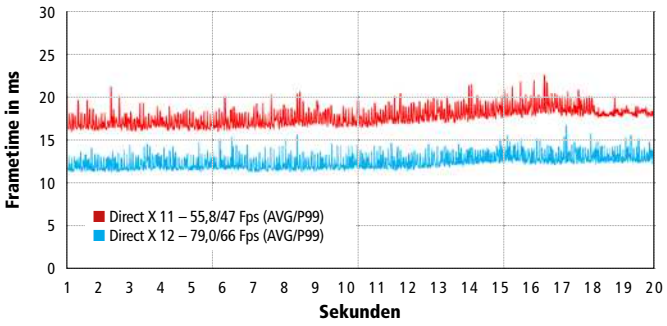
Anno 1800, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im CPU-Limit

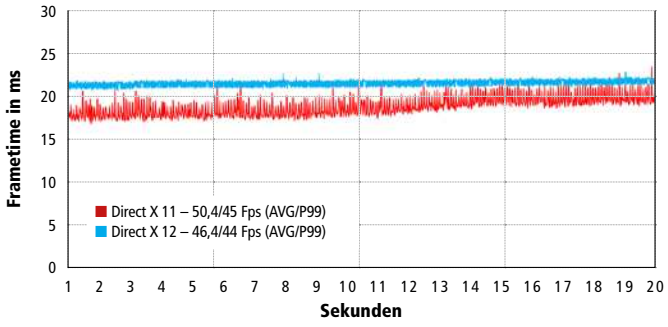
Anno 1800, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Geforce im weitgehenden GPU-Limit

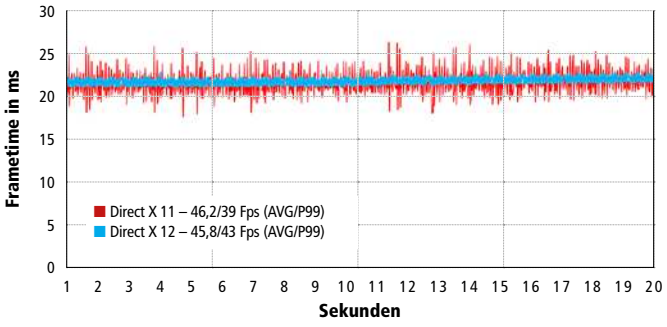
Anno 1800, 2.560 × 1.440, 8× MSAA/16:1 AF + CAS, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im weitgehenden GPU-Limit

Anno 1800, 2.560 × 1.440, 8× MSAA/16:1 AF + CAS, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

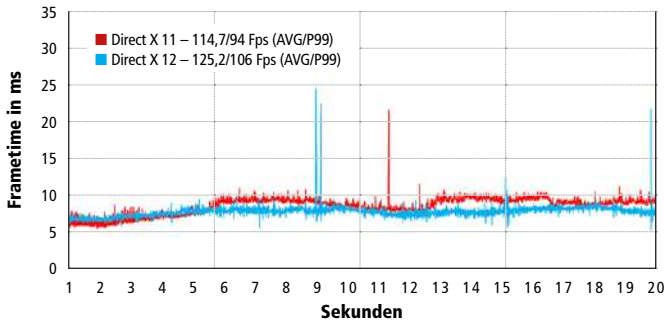
Borderlands 3 (Direct X 12 vs. Direct X 11)

Gearbox' neuester Loot-Shooter überzeugt alte und neue Fans mit gewohnt abgefahrenem Humor und abwechslungsreichen Schauplätzen. Diesmal wird all das auf Basis von Epics Unreal Engine 4 ermöglicht. Diese bietet bereits seit Jahren Unterstützung für Direct X 12, lief damit in den verfügbaren Spielen jedoch eher schlecht als recht – so auch in Borderlands 3, als dieses im Herbst 2019 erschien. Einige Patches später ist die Low-Level-Implementierung sichtlich gereift. Das ehemals omnipräsente, sehr störende Stocken ist fast vollständig verschwunden. Somit gehört Borderlands 3 dem überschaubaren Kreis jener Spiele mit Unreal Engine 4 an, die einen Vergleich zwischen DX11 und DX12 ermöglichen. Wir haben uns angesehen, welche Auswirkungen der Schnittstellenwechsel hat. Direct X 12 erweist sich als derart starke Entlastung des Hauptprozessors, dass das Spiel beinahe immer im Grafiklimit läuft. Im Falle unseres Testsystems mit seinem relativ starken Prozessor führt das zum Problem, dass wir die Gewinne im CPU-Limit nicht aufzeigen können – die Grafikkarten bremsen das Geschehen immer mehr oder minder aus, obwohl wir die aktuelle Oberklasse in Gestalt der Geforce RTX 2070 und Radeon RX 5700 XT verwenden. Nutzer einer alten oder schwachen CPU (u. a. AMD-FX-, Core-2- und Core-i-2000-Reihen) profitieren in jedem Fall von Direct X 12.

Interessant wird es im dominanten Grafiklimit (WQHD). Während die AMD-Karte unter DX12 noch ca. neun Prozent flüssiger läuft, büßt die Geforce rund zwölf Prozent gegenüber DX11 ein. Unser Tipp lautet daher, die APIs am eigenen Rechner kurz zu vergleichen.

Geforce im partiellen CPU-Limit

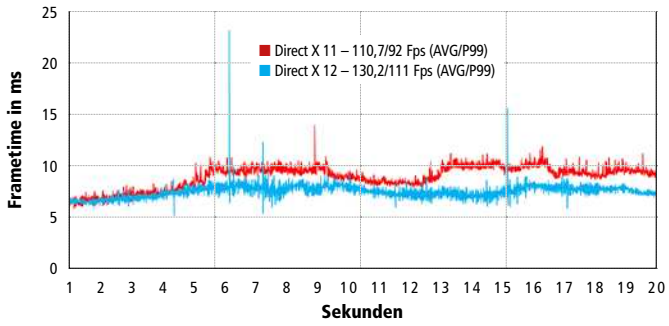
Borderlands 3, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im partiellen CPU-Limit

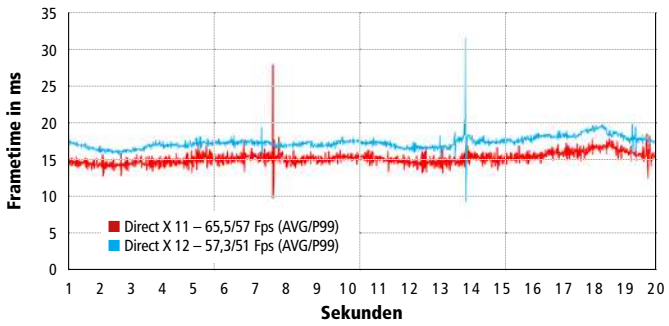
Borderlands 3, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Geforce im GPU-Limit

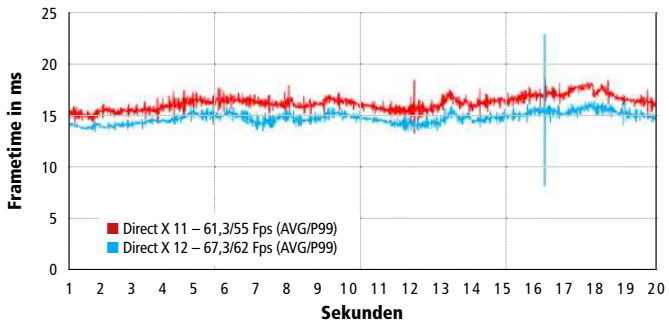
Borderlands 3, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im GPU-Limit

Borderlands 3, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

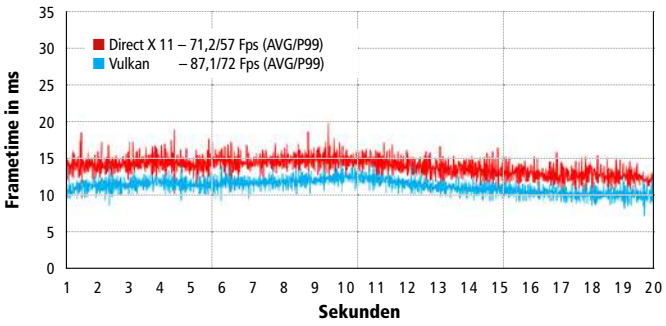
Ghost Recon Breakpoint (Vulkan vs. Direct X 11)

Ghost Recon Breakpoint (GRB) ist der neueste Teil der Open-World-Schleichspielreihe. Der fantastischen Grafik steht eine relativ inhaltsleere Spielwelt entgegen, doch die Entwickler bei Ubisoft patchen und erweitern seit dem Release im Herbst 2019, was das Zeug hält. Seit Ende März ist steht das Update auf Version 2.0 bereit, welches auch technisch einen großen Sprung bringt: GRB unterstützt nun neben Direct X 11 auch die Lower-Level-API Vulkan.

Ubisoft gibt an, dass dabei alle Register gezogen werden. Dank verbessertem Multithreading soll die Bildrate steigen, auch durch das optimierte Daten-Streaming. Außerdem unterstützt der Renderer Asynchronous Compute, wodurch der Grafikchip besser ausgelastet werden kann. Wir haben uns anhand einer fordernden Szene im Dschungel angesehen, wie die moderne Schnittstelle gegenüber DX11 performt. Dabei kommen, wie bei den anderen Tests, die aktuellen Oberklasse-Grafikkarten Geforce RTX 2070 und Radeon RX 5700 XT mit je 8 GiByte zum Einsatz. Die Speicherkapazität ist ein wichtiger Punkt, denn wie sich schnell herausstellt, benötigt GRB unter Vulkan mehr Grafikspeicher als unter Direct X 11. Falls Sie eine 8-GiByte-Grafikkarte besitzen, sind Sie auf der sicheren Seite, bei 6 oder weniger GiByte ruckeln die hohen Detailstufen deswegen stärker. Bei unseren Testkarten ist klar: Vulkan ist DX11 auf jeden Fall vorzuziehen, gerade im CPU-Limit steigt die Leistung an (Geforce: +24 %, Radeon +15 %). Im öfter vorherrschenden Grafiklimit ist der Zuwachs kleiner, aber vorhanden. Vor allem die AMD-GPU profitiert von deutlich gleichmäßigerer Bildausgabe.

Geforce im CPU-Limit

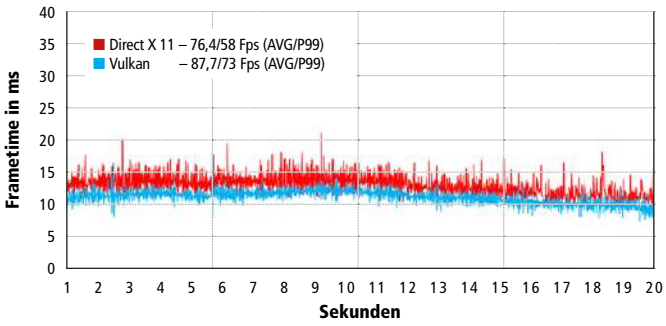
Ghost Recon Breakpoint, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im CPU-Limit

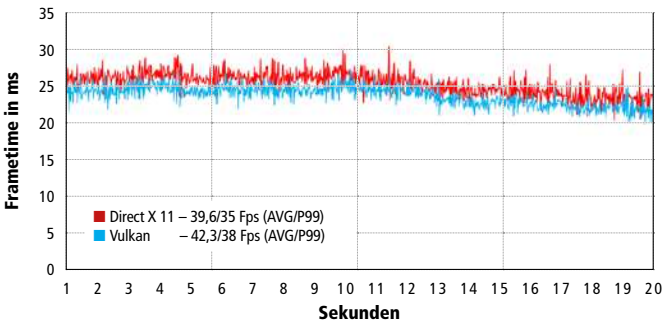
Ghost Recon Breakpoint, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Geforce im GPU-Limit

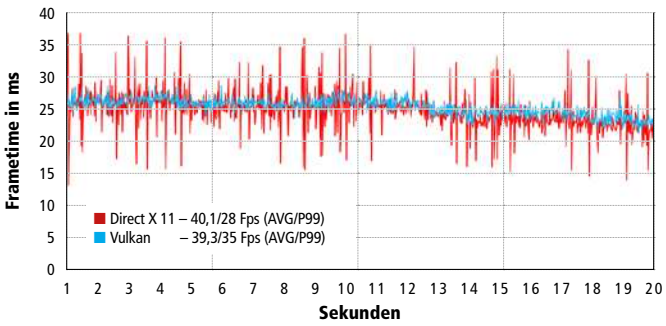
Ghost Recon Breakpoint, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF + CAS, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im GPU-Limit

Ghost Recon Breakpoint, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF + CAS, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

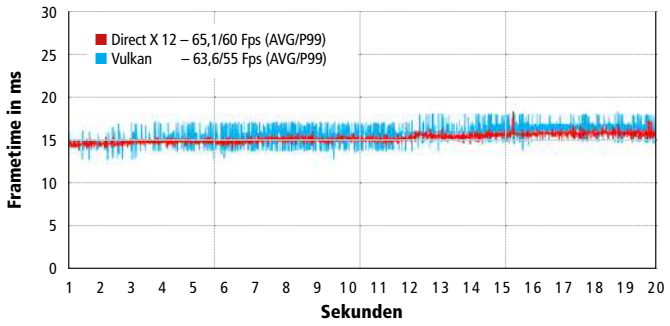
Red Dead Redemption 2 (Direct X 12 vs. Vulkan)

Es ist schön, wenn konsolenexklusive Spiele auch für den PC erscheinen – vor allem dann, wenn sie derart umfangreich und detailverliebt sind wie Rockstars Mammutprojekt Red Dead Redemption 2 (RDR2). Das Spiel zog bereits auf den Konsolen alle Technikregister und erlaubt am PC – mit entsprechender Hardware – eine noch deutlich höhere Qualität.

Bemerkenswert ist, dass sich die Entwickler einen Fallback auf Direct X 11 sparen und stattdessen voll auf Low-Level setzen. Das hat gute Gründe, denn die Konsolen arbeiten, wie eingangs erläutert, längst mit hardwarenaher Programmierung. Um ähnliche Effizienz am PC zu erreichen, unterstützt RDR2 sowohl Direct X 12 als auch Vulkan. Noch bemerkenswerter ist, dass das eine nicht das andere ausschließt – RDR2 beinhaltet eine Wrapper-DLL, um DX12 auch unter Windows 7 zu verwenden. Stünde diese nicht bereit, wäre Vulkan die einzige Option für Nutzer des älteren Betriebssystems. Unsere frischen Messungen belegen, dass DX12 sowohl auf AMD-Radeon- als auch Nvidia-Geforce-Grafikkarten die bessere, weil etwas flüssigere Wahl darstellt, beide Grafikkarten erzeugen mit der Microsoft-API minimal höhere Bildraten (+2 bis +4 %). Erwähnenswert ist außerdem die Frameverteilung: Die Geforce RTX 2070 punktet unter DX12 mit einer beinahe perfekten Bildverteilung sowohl im CPU- als auch GPU-Limit; unter Vulkan zucken die Frametimes hingegen. Das tun sie auch bei der Radeon RX 5700 XT. Die AMD-Karte berechnet mehr Bilder als das Nvidia-Modell, weist jedoch eine leicht unregelmäßige Verteilung auf. Fühlbar ist die Differenz jedoch nicht. *(ns/rv)*

Geforce im CPU-Limit

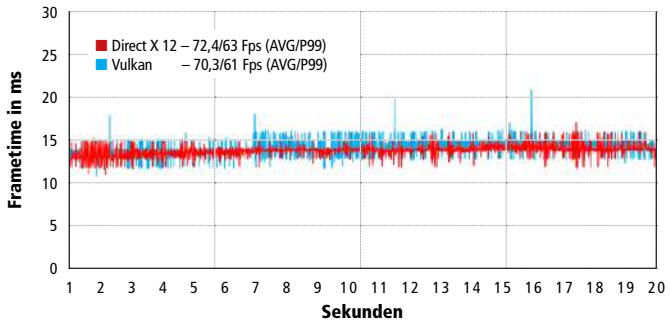
Red Dead Redemption 2, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im CPU-Limit

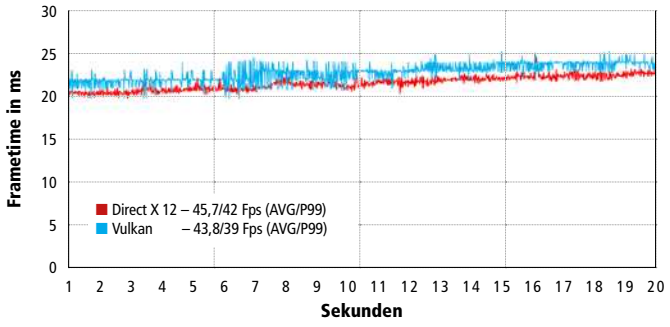
Red Dead Redemption 2, 1.280 × 720, kein AA/AF, maximale Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC; Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Geforce im GPU-Limit

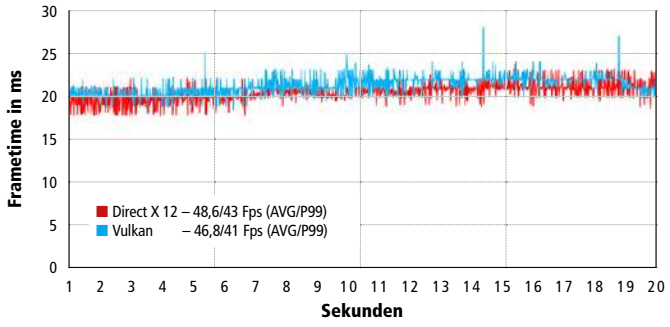
Red Dead Redemption 2, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF, max. Slider-Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), MSI RTX 2070 Gaming Z; Geforce 445.98 Hotfix, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Radeon im GPU-Limit

Red Dead Redemption 2, 2.560 × 1.440, TAA/16:1 AF, max. Slider-Details



System & Treiber: Intel Core i7-8700K (6C/12T), Asus Z370 Prime-A, 2 × 16 GiByte DDR4-3200 (1T), Asus RX 5700 XT Strix OC Radeon Software 20.4.2, Windows 10 x64 1909 inkl. Patches

Schöner spielen denn je

Mit Reshade gibt es ein Tool für alle Abenteurer, Wissenschaftler und Tüftler unter uns. Damit ist es möglich, PC-Spiele in jeder erdenklichen Form anzupassen. PCGH hat die neueste Version getestet.

Vor rund fünf Jahren hat Patrick Mours, seines Zeichens Developer Technology Engineer bei Nvidia, die erste Version seines Post-Processing-Injectors Reshade vorgestellt. Auf der Homepage (www.reshade.me) ist er auch unter dem Namen crosire bekannt. Das Tool nutzt einen eigenen Transcompiler sowie die Shader-Sprache namens Reshade FX und ist frei konfigurierbar. Die Syntax bedient sich der High Level Shading Language (HLSL), die um sinnvolle Features erweitert wurde, um das Programmieren von Texturen und Shadern zu ermöglichen. Die Software ist seit dem ersten Januar 2017 Open Source. Mithilfe von Reshade lassen sich Spiele auf umfangreiche Art und Weise anpassen: Das Tool hat Zugriff auf alle Farbinformationen sowie den Tiefen-Buffer, womit sich Farbkorrekturen, Anti-Aliasing, eine Umgebungsverdeckung und noch vieles mehr zuschalten lassen.

Die Standard-Palette an Shadern beinhaltet bereits alles, was Sie benötigen: Schärfe, Farben, Tiefen-Buffer, Kontrastverstärker und sogar Optionen für Farbenblinde.

Anforderungen/Optionen

Reshade funktioniert mit allen bekannten APIs, darunter Direct X 9 bis 12, OpenGL und neuerdings sogar Vulkan. Neben den Spielen wird nur noch mindestens Windows 7 benötigt. Die Installation wurde über die vielen Weiterentwicklungen der Software immer weiter erleichtert. Wir testen die Version 4.5.4 und werden nach dem Download mit einem kleinen Fenster begrüßt, was nach einem Klick alphabetisch die letzten aufgerufenen Anwendungen anzeigt. Mit großer Wahrscheinlichkeit finden Sie in dieser Liste das Spiel, welches Sie mit Reshade ausrüsten möchten. Alternativ kann man auch manuell nach der „exe". Danach erfolgt die Auswahl der API, welche in vier Gruppen unterteilt ist: Direct X 9, Direct X 10/11/12, OpenGL und Vulkan. Letzteres lässt sich mit einem Klick auf die Schaltfläche darunter auch global aktivieren respektive deaktivieren. Die korrekte Wahl an dieser Stelle setzt die Funktion für Reshade voraus. Falls Sie nicht wissen, welche API Ihr Spiel benutzt, so lässt sich das leicht über das Optionsmenü des betreffenden Games herausfinden. Glücklicherweise trifft das Setup eine Vorauswahl, die fast immer korrekt ist. Ist auch dieser Schritt bewältigt, werden Sie gefragt, ob Sie eine Reihe von Standard-Shadern installieren möchten, was Sie bitte mit „Ok" bestätigen. Wir beschäftigen uns in diesem Artikel vor allem mit diesen Shadern. Selbstverständlich können Sie auch andere Shader installieren.

Nach dem Start des Spiels steht Ihnen das Overlay von Reshade nun über die Taste „Pos1" zur Verfügung. Das Tutorial führt Sie sicher durch die nächsten Schritte. Dieses Overlay ist eine der größten Stärken des Tools. Hier lassen sich On-the-fly-Effekte an- und abschalten und der User sieht direkt die Auswirkungen auf das Gesamtbild. Mit „Active on Top" im Hauptreiter sortieren Sie die Shader alphabetisch. Unter dem Tab „Settings" können Sie einen „Toggle-Key" festlegen, der global alle Effekte mit einem Tastendruck an- oder abschaltet. Sie können für jeden Shader auch einen eigenen Hotkey festlegen, dafür genügt ein Rechtsklick auf den Shader. Das Overlay kann auch Screenshots erstellen und die Fps anzeigen, so sehen Sie auf einen Blick, wie viel Performance bestimmte Shader kosten. Alle Shader lassen sich im oberen Fenster durch den Haken aktivieren. Danach erscheinen im zweiten Fenster darunter die Einstelloptionen für den jeweiligen Effekt. Je nach Shader fallen die Konfigurationsmöglichkeiten unterschiedlich aus. In den meisten Fällen können Sie die Intensität anpassen, was bei Farb-Shadern wie Colorfulness beispielsweise die Sättigung ist. Die meisten Optionen haben dabei ein positives wie negatives Offset. Sie können die Farben demnach nicht nur verstärken, sondern auch abschwächen. Doch Vorsicht ist geboten. Reshade arbeitet statisch, dass heißt, dass in jeder Szene die gleichen Effekte zum Einsatz kommen. Moderne PC-Spiele sind allerdings höchst dynamisch, sodass das Farb- und die Lichtstimmung oft feinjustiert werden muss. Abhilfe schaffen an dieser Stelle nur verschiedene Presets, die jedoch schnell über das Overlay geladen werden können.

Reshade – ein Fest für Bastler

Reshade bietet ohne weitere Anpassungen bereits über 80 Shader, manche von ihnen erfordern allerdings Geduld fürs Feintuning. Doch Sie können auch mit verhältnismäßig wenig Zeitaufwand großartige Ergebnisse erzielen. Alle Shader von Grund auf zu erklären würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Wir nutzen daher die Gelegenheit, Ihnen sinnvolle Shader zu präsentieren, welche einen optischen Mehrwert bieten und dabei nicht zu leistungshungrig sind. Wir runden die Betrachtung mit den unserer Meinung nach besten Shadern im Bildvergleich und Benchmarks in zwei Auflösungen mit jeweils vier Grafikkarten ab. Um die Shader besser erklären zu können, teilen wir sie in Gruppen ein: Schärfe, Farbe, Feintuning und Tiefen-Buffer-Effekte.

Schärfe-Shader: Knackige Texturen und glaubhafte Oberflächen. Im Repertoire von Reshade befinden sich standardmäßig sieben Shader zum Nachschärfen. Der bekannteste davon dürfte Lumasharpen sein, das wissen fleißige PCGH-Leser. Die anderen kurz namentlich vorgestellt: Adaptive Sharpen, Filmic Anamorphic Sharpen, Highpass-Sharp und Fine Sharp in drei verschiedenen Modi. Jeder von ihnen funktioniert grundlegend anders und bietet einzigartige Fähigkeiten. Der einfachste und doch sehr wirksame Shader zum Schärfen ist dabei Lumasharpen. Bieten andere Shader noch zusätzliche Optionen, beispielsweise eine Verstärkung der Schattenkanten, kann Lumasharpen „nur" schärfen. Dafür kostet der Effekt auch so gut wie keine Performance. Fine Sharp setzt daran an und ist über drei Modi konfigurierbar, welche allerdings jeweils die gleiche Shader-Programmierung nutzen. In jedem Modus lässt sich die XSharpen getaufte Variation von Fine Sharp dazuschalten, die über eine eigene Artefakt-Reparatur verfügt. Das Bild wird damit sehr effektiv und fein geschärft, obgleich der Gesamteindruck damit etwas mehr zum Flimmern neigt. Eine hohe Ausgangsauflösung hilft. XSharpen hat seinen Preis: Fine Sharp kostet in Summe bis zu zwölf Prozent der Bilderrate. Adaptive Sharpen nutzt hingegen vorgegebene Parameter, um möglichst flimmerarm zu schärfen. Wie der Name es vermuten lässt, passt sich die Schärfe gut an, was jedoch markante Details vermissen lässt. Adaptive Sharpen lässt sich um den Faktor 2 erhöhen, arbeitet Texturen gut heraus und kostet dabei kaum Performance. Insgesamt lässt der Shader aber Highlights vermissen. Einen besonderen Weg geht Highpass-Sharp, da sich dieser Filter umfangreicher konfigurieren lässt. Zuerst legt der User die Maske fest, die Wahl reicht hier von 3x3 über 5x5 bis hin zu 7x7, was das Nachschärfen eher grob beziehungsweise fein ausfallen lässt. Highpass-Sharp ist dazu in der Lage, gezielt dunkle oder helle Kanten zu schärfen, dessen Bereich im

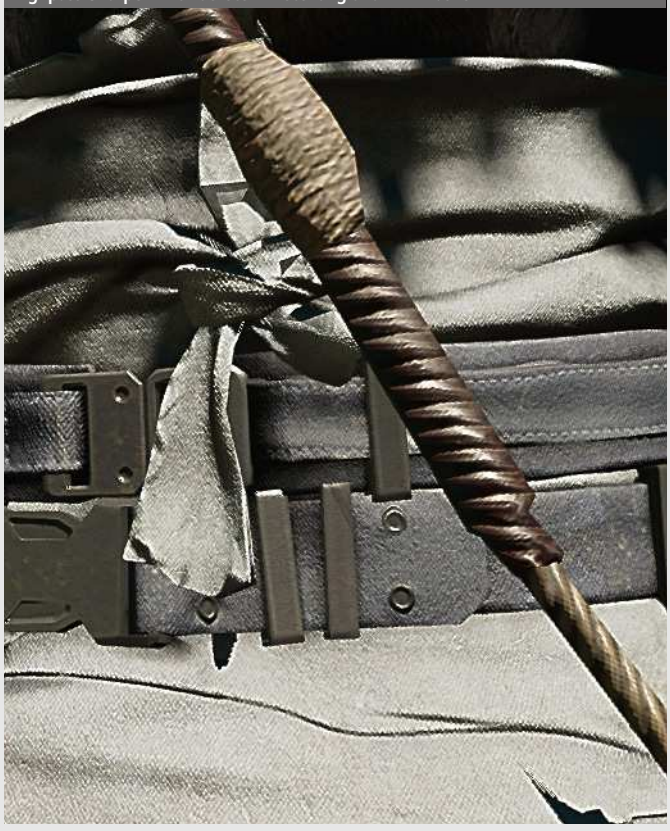
Effekt: Highpass-Sharp (Shadow of the Tomb Raider)

Unter den Schärfe-Shadern hat sich dieser Effekt bewährt. Um den Bildvergleich deutlich zu machen, nutzen wir die höchstmöglichen Einstellungen. Das Offset ist deaktiviert und der 7x7-Maske haben wir 100 Prozent Schärfe verliehen. Die hellsten und dunkelsten Stellen haben ebenso die maximale Stufe erhalten.

Das Ergebnis kann sich im wahrsten Sinne des Wortes sehen lassen. Der Ausschnitt bezieht sich auf Laras verstärkte Bogensehne und das Outfit. Im Spiel selbst nutzen wir die höchsten Details bei einer WQHD-Auflösung. Mithilfe des Highpass-Sharp-Filters erstrahlen bestimmte Bereiche im ganz neuen Glanz. Achten Sie zum Beispiel mal auf die Gürtelschnalle in der Bildmitte links, welche nun Abnutzungserscheinungen aufweist, oder auf die generelle Struktur des Outfits. Gerade im Sonnenlicht kommen so neue Details zutage. Innerhalb dieser Szene kostet der Effekt rund sieben Prozent der Bilder pro Sekunde. Wem es zu sehr flimmert, der passt den Offset bis zum gewünschten Ergebnis an.

Original-Bild, ohne Schärfung

Highpass-Sharpen mit höchster Einstellung und 7x7-Maske



Helligkeitsraum von 0 (Schwarz) bis 255 (Weiß) konfigurierbar ist. Neben der globalen Intensität ist noch ein Offset einstellbar. Reduziert man Letzteren, werden feinste Details wie Grashalme oder kleinere Strukturen nicht mehr oder nur noch teilweise von Highpass-Sharp erfasst, was Flimmern entgegenwirkt. Da sich die Leistungskosten nur zwischen fünf und zehn Prozent bewegen und das Gesamtbild sehr stimmig wirkt, sichert sich Highpass-Sharp den ersten Platz unter den Schärfe-Shadern. Filmic Anamorphic Sharpen schließlich ist absolut überzeichnet und neigt sehr stark zum Flimmern. Kanten wirken auch nach Feintuning ausgefranst. Dieser Shader besitzt den anderen gegenüber allerdings eine einzigartige Fähigkeit: Mithilfe der Informationen im Tiefen-Buffer kann die Schärfung wesentlich feiner gestaffelt werden. Allerdings muss das Spiel dafür die Voraussetzungen mitbringen, was nicht für jeden Titel gilt.

Farb-Shader: Knallig bunt oder schwarzweiß, es ist Ihre Wahl. Während die Shader zum Schärfen das Bild knackig und meist glaubwürdiger gestalten, sind Farb-Shader eher etwas für Exoten. Die meisten der Shader von Reshade konzentrieren sich auf Farben. Das beginnt bei einfachen Dingen wie der Sättigung und hört bei höchst komplexen Kombinationen mehrerer Shader auf, wie wir sie in den Vergleichen unten zeigen. Sie können mit Shadern wie Ambient Light, DPX oder Filmic Pass die Stimmung der Szene vollständig verändern. Farben haben immer eine Wirkung auf unser Gehirn. Rot beispielsweise signalisiert Gefahr, während Grün und Blau eher entspannend wirken. Mit Ambient Light ist es möglich, eine zusätzliche Lichtquelle nach Ihren Wünschen zu schaffen. Das sieht in den meisten Spielen unfreiwillig komisch aus, da Licht aus Quellen erschaffen wird, die unlogisch wirken und nicht existieren. Mit ausreichend Feintuning ist es jedoch möglich, die vorhandene Beleuchtung mit Ambient Light sinnvoll zu ergänzen, respektive ihr einen anderen Look zu verschaffen. Der Shader bedient sich daher auch beim Tiefen-Buffer. Wer gar nicht viel tüfteln möchte, nutzt Colorfulness oder Vibrance. Letzterer Shader ermöglicht die einzelne Anpassung der Farben Rot, Grün und Blau und dessen Verstärkung oder Abschwächung. Spiele, die über einen bestimmten (störenden) Farbton verfügen, erstrahlen mit Vibrance schnell wieder im „Natural Look". Colorfulness ist Vibrance ähnlich, arbeitet jedoch uniform und bietet eine zusätzliche Option zur Verhinderung von Clipping. Viel komplexer ist dagegen Filmic Pass. Wer diesen Shader zum ersten Mal aktiviert, fühlt sich vom Gesamteindruck und den Konfigurationsmöglichkeiten erst einmal erschlagen. Doch lassen Sie sich nicht entmutigen und wagen Sie einen Versuch, denn Filmic Pass erlaubt durch die zahlreichen Optionen einen einzigartigen Look, den Ihnen andere Shader nicht bieten. In die gleiche Kerbe schlägt auch Levels Plus, welche die aufgebohrte Variante von Levels darstellt. Mit diesem Shader ist es möglich, einen neuen Schwarz- oder Weiß-Punkt festzulegen. Dies geschieht im Bereich von 0 (Schwarz) bis 255 (Weiß). Ein Beispiel: Trägt der User bei Weiß 240 statt 255 ein, werden alle Pixel, die über 240 liegen, zu 100 Prozent in Weiß dargestellt – es gehen Bildinformationen verloren. Das kann dem Gesamtbild allerdings einen angenehmeren Look verschaffen. Levels Plus überträgt diese Fähigkeit dann noch auf Farben, ist demnach deutlich komplexer, liefert aber bessere Ergebnisse,

Effekte: Clarity, Filmic Pass und Vibrance (World of Warships)

So schön Schärfe-Shader auch sind, so unverändert lassen sie das Bild. Wer hingegen ganz neue Eindrücke erschaffen möchte, sei es durch hellere, sattere Farben, durch Reduzierung des Bildrauschens oder durch Verstärkung ganz bestimmter Bereiche des Bildes, der muss auf andere Shader zurückgreifen. Wir haben hier exemplarisch drei Effekte zusammengeführt, welche sich unserer Meinung nach sehr gut ergänzen. Clarity sorgt dabei für eine höhere Brillanz für alle Lichtquellen, im Bild gut am Schiff zu erkennen. Viel umfangreicher ist der Filmic-Pass-Shader. Damit lässt sich ein „cineastischer" Look kreieren. Unserer Erfahrung nach gelingt dies deutlich besser als mit anderen Farbfiltern und Tonemappings. Die Farbverlaufskurve kann für jeden Kanal einzeln angepasst werden, dazu können die Sättigung und der Kontrast sowie die Stärke des Effekts begrenzt werden; mit Linearization können starke Abweichungen begrenzt werden. Abgerundet wurde der Gesamteindruck durch Vibrance, was gezielt einzelne Farbkanäle verstärkt. Unser Fokus lag auf Blau und Grün.

World of Warships, max. Details, WQHD, ohne Reshade

World of Warships, max. Details, WQHD, mit Clarity, Filmic Pass und Vibrance

wenn gewünschte Farben heller oder dunkler sein sollen. Es gibt auch einen Shader, der ein Fake-HDR ermöglicht. Der Effekt beeinflusst Elemente im Bild, ausgehend von umliegenden Farb- und Helligkeitswerten, und suggeriert so eine höhere Farbdichte. HDR durch Reshade ist sehr kostenintensiv und ersetzt natürlich kein echtes HDR, verleiht den Farben aber tatsächlich mehr Tiefe. Hier lohnt es sich auszuprobieren. Den Abschluss bei den Farben macht der Shader Technicolor. Dieser lässt das Bild „altern", indem er die Farben entsättigt und eine Art von Sepia über das Gesamtbild legt. Die Intensität lässt sich anpassen, auch das Ausbleichen. Damit wirkt das Spiel wie ein Farbfilm aus den 60er- und 70er-Jahren. Die meisten Farb-Shader kosten nur sehr wenig Leistung. Da diese ihre volle Wirkung aber erst in Verbindung mit anderen Shadern entfalten, bleiben meist zehn Prozent oder mehr an Leistungskosten, abhängig der Grafikkarte. Mehr dazu verraten die Benchmarks, die wir in Shadow of The Tomb Raider mit und ohne Reshade erstellt haben.

Feintuning: Tools für Screenshots und andere Besonderheiten. In diese Kategorie fallen alle Shader, die sich anders nicht zuordnen lassen oder von ihrer Funktion speziell sind und daher einer besonderen Erwähnung bedürfen. Der Shader Border ist beispielsweise so einer. Damit werden Balken an den Rändern erzeugt, was vor allem Screenshots interessanter gestaltet. Doch Vorsicht: Die Elemente hinter den Balken werden nach wie vor berechnet. Mit dem Shader „Aspect Ratio" können Sie das Bild in ein anderes Seitenverhältnis strecken lassen. So wird aus einem 16:9-Bild zum Beispiel ein 4:3-Bild, ein Format, in dem viele alte Spiele programmiert wurden. Wer Nostalgie verspüren möchte, kann mit dem Shader Advanced CRT einen alten CRT-Monitor simulieren. Der Effekt erzeugt durch Scanlines und eine „Wölbung" einen Retro-Effekt, was sehr gut zu Adventures aus alten Tagen passt. Wer es etwas cineastischer mag, kann per Filmgrain den bekannten „Fusseleffekt" aus Spielfilmen dazuschalten. Über einen Regler lässt sich die Intensität anpassen. Es gibt noch viele weitere optionale Shader, manche von ihnen fügen sogar eine Unschärfe hinzu oder verunstalten das Bild bis zur Unkenntlichkeit. Der Shader ASCII beispielsweise hüllt alle Pixel in Zahlen und zeigt diese auf dem Bildschirm an. Das Spiel wird damit unspielbar, der Shader fällt daher in die Kategorie „Weil es geht". Ebenso unsinnig ist Nightvision, ein Shader, der ein Nachtsichtgerät simuliert. Das Bild wird damit in komplett grünes Licht gehüllt. Sie können auch Shader hinzuschalten, die das komplette Bild in den maximal möglichen Farben sehr alter Konsolen und PCs hüllt. Das klingt zwar spannend, macht das Spiel in der Regel aber unspielbar.

Höchst flexibel

Reshade ist unglaublich vielfältig. Die Bilder in diesem Artikel zeigen nur die Spitze des Eisberges. Das gilt leider auch für die Leistungskosten. Vor allem User, die exzessiv Shader mit Zugriff auf den Tiefen-Buffer nutzen, werden schnell viele Bilder pro Sekunde dafür bezahlen. Die Benchmarks zeugen davon, sie zeigen zudem auf, dass ehemalige Mittelklasse-Grafikkarten wie die AMD Radeon RX 470 unter der Last von nur wenigen Shadern zusammenbrechen. Die RX 5600 XT hingegen kommt am besten mit der Last zurecht, dicht gefolgt von GTX 1070 und RTX 2070 Super. Wir empfehlen Ihnen, einen Schritt nach dem

Effekte: MultiLUT, Clarity und Curves (Frostpunk)

Kalt und unwirklich – MultiLUT ist ein sehr mächtiger Shader und erlaubt in Verbindung mit der Farbbrillanz von Clarity und den starken Kontrasten durch Curves ein einzigartiges Effekt-Feuerwerk. Wie bei den anderen ausgesuchten Effekten, Shadern und Konfigurationen ist dieses Preset speziell auf das Setting in Frostpunk zugeschnitten. Wer das Spiel nicht kennt: In Frostpunk ist der Spieler Bürgermeister einer anfangs kleinen Gruppe von Menschen. Ihre Aufgabe besteht darin, für das Überleben dieser Menschen zu sorgen. Starke Temperaturschwankungen, Stürme, Naturkatastrophen, Krankheit und Tod sind dabei an der Tagesordnung. Mit Reshade ist es möglich, die klirrende Kälte und die Hoffnungslosigkeit dieser Situation optisch darzustellen. Es ist dabei völlig natürlich, dass einige Bereiche des Bildes „verschluckt" werden. Der starke Kontrast zum vorherigen Vergleichsbild von World of Warships soll aufzeigen, dass man mithilfe weniger Shader eine ganz andere Stimmung auf den Bildschirm zaubern kann. Es muss nicht immer quietschbunt sein.

Frostpunk, WQHD, max. Details, ohne Reshade

Frostpunk, WQHD, max. Details, mit MultiLUT, Clarity und Curves

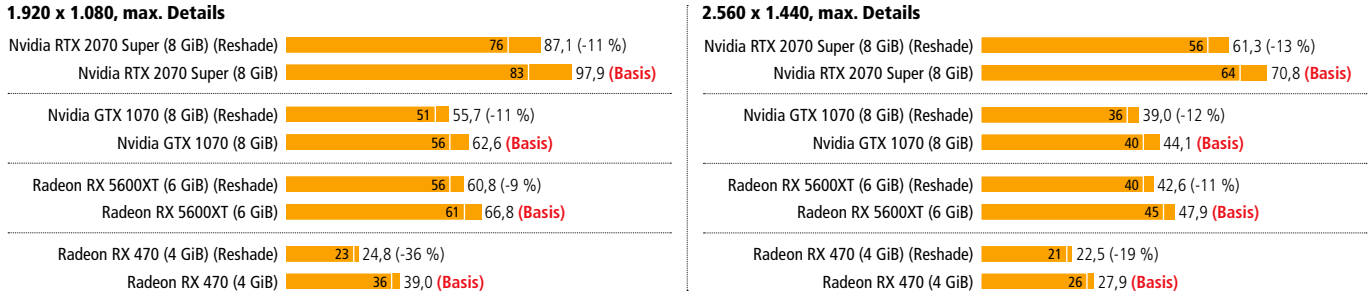
anderen zu machen. Aktivieren Sie den Shader Ihrer Wahl, konfigurieren Sie ihn nach Ihren Wünschen und prüfen Sie per Toggle-Key die Auswirkungen auf das Gesamtbild. Wenn Ihnen gefällt, was Sie sehen, schalten Sie den nächsten Shader hinzu. Gut kombinieren lassen sich dabei vor allem die Shader, die wir in den Vergleichsbildern zeigen. Findige User haben zahlreiche Presets zusammengetragen, welche sich in der Sweet FX Settings Database (www.sfx.thelazy.net) finden lassen. Sweet FX ist praktisch der Vorgänger von Reshade und viel einfacher aufgebaut. Es gibt jedoch Spiele, die mit Reshade schlichtweg nicht funktionieren wollen. Sweet FX in der Version 2.0 kann dann Abhilfe schaffen. Sie müssen dann zwar auf das praktische Overlay von Reshade verzichten, können so aber trotzdem in den Genuss der Shader kommen. Auf den folgenden Seiten beschäftigen wir uns nun noch speziell mit dem Tiefen-Buffer. Dieser bedarf einer längeren Erklärung. Weitere experimentelle Shader sind bereits in der Entwicklung. Pascal Gilcher, in der Szene auch bekannt als „Marty McFly“, arbeitet derzeit an einem Raytracing-Shader. Path Traced Global Illumination nutzt Path Tracing, um in jedem Spiel Global Illumination in Echtzeit zu ermöglichen. Das hüllt insbesondere ältere Spiele in ein ganz neues Licht. Zugang zur Beta erhalten Spieler allerdings nur, wenn sie den Entwickler finanziell unterstützen. *(dn)*

Fazit PCGH

Reshade

Was anfänglich als eine textdateibasierte Version mit Sweet FX begann, hat sich zu einem großen Sammelsurium an sehenswerten Aufwertungen für praktisch jedes PC-Spiel entwickelt. Wir empfehlen ausdrücklich den Download und das Experimentieren mit all den Effekten. Es lohnt sich, versprochen.

Shadow of the Tomb Raider: Reshade-Benchmarks mit fünf Shadern



System: AMD Ryzen 9 3900X, 32 GiByte DDR4-3600, Windows 10 V1909 (64 Bit); Geforce 445.75 WHQL, Radeon Adrenalin 20.3.1
Bemerkungen: Basis ist jeweils die GPU ohne den Einfluss von Reshade. Genutzt wurden die Effekte: Clarity, Curves, Highpass-Sharp, Technicolor und Vibrance.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Effekte: DPX, Clarity und Highpass-Sharp (Red Dead Redemption 2)

Der letzte Vergleich soll aufzeigen, dass man mit Reshade auch einen ganz natürlichen Look kreieren kann. Wir nutzen abermals den sehr flexiblen Shader Clarity und verbinden diesen mit Highpass-Sharp und DPX. Letzterer ist ein sehr mächtiger Farb-Shader, der sehr viele Konfigurationen ermöglicht. Es waren im Fall von Red Dead Redemption 2 gar nicht viele Anpassungen nötig, um dem Spiel ein lebendigeres Äußeres zu verschaffen. Die Farbinformationen wurden dabei nur minimal verstärkt, während Clarity den Nebel auflöst. Dieser „Schleier“ existiert natürlich im Original-Spiel nicht und wird erst deutlich, wenn man per Reshade an den Farben dreht. Der große Vorteil an der Kombination solcher Shader ist, dass sie den Original-Look der Entwickler beibehalten und ihn unscheinbar durch einfache Effekte aufwerten. Nach wenigen Minuten Spielzeit vergisst der Spieler die Aufwertung und staunt dann jedes mal aufs Neue, wenn man die Shader per Hotkey an- und abschaltet. Diese sehr harmonische Kombination hat seinen Preis: Rund zehn Prozent Fps kostet der Spaß.

Red Dead Redemption 2, WQHD, max. Details

Red Dead Redemption 2, WQHD, max. Details, DPX, Clarity und Highpass-Sharp

PCGH Digital im Abo

Jeden Monat neue Prämienvorteile!

Lesen Sie PCGH bequem am PC als Download-PDF, im Web oder auf Ihrem iOS-, Android- oder Amazon-Gerät!

1-Jahres-Abo

12 x PCGH

amazon.de

+ 10-Euro-Gutschein von Amazon.de

www.pcgh.de/digital-only *

*1-Jahres-Abo: 39,99 Euro

2-Jahres-Abo

24 x PCGH

+ 1 brandaktuelles PC-Spiel als Key von Gamesplanet

www.pcgh.de/digital2 **

**2-Jahres-Abo: 79,98 Euro (In Deutschland)

Weitere Vorteile

- Werbefreier Zugang auf PCGH.de
- PCGH-Jahresarchive ab 2001 (PDF)
- Printartikel direkt kostenfrei im Webseitenlayout lesen – auf Desktop und Mobile!

PCGH +

www.pcgh.de/digitalabo

Tiefen-Buffer-Effekte

Der Werkzeugkasten Reshade bietet neben unzähligen Filtern außerdem Depth-Buffer-Effekte, etwa eine Umgebungsverdeckung oder Tiefenschärfe. Diese sind allerdings etwas kniffelig zu handhaben.

Farbkorrekturen und Schärfefilter sind bei Weitem noch nicht alles, was Reshade zu bieten hat. Mit dem Werkzeugkasten lassen sich auch Effekte wie eine Umgebungsverdeckung zuschalten, eine Art Globale Beleuchtung nutzen oder das Bild mit einer Tiefenschärfe versehen. Für viele dieser Effekte stehen mehrere Shader zur Verfügung, die sich unterschiedlich abstimmen oder kombinieren lassen.

Was ist ein Tiefen-Buffer?

Post-Processing-Effekte wie beispielsweise eine Umgebungsverdeckung, eine Globale Beleuchtung aber auch Screen-Space-Effekte wie Reflexionen werden, wie der Name schon suggeriert, erst nach dem eigentlichen Berechnen des Bildes angewandt. Diese Effekte haben demnach keinen direkten Zugriff auf die geometrischen Informationen oder auf den Rest der Szene, nur das bisher berechnete Bild kann für die Effekte genutzt werden. Beziehungsweise besteht das Ergebnis bei modernen Spielen, welches Sie am Ende auf Ihrem Bildschirm bewundern, aus mehreren Einzelkomponenten. Diese können zur Steigerung der Effizienz der Grafikkarte getrennt voneinander berechnet werden (deferred also „versetztes" Rendering). Einer dieser Bildpuffer ist der Depth-Buffer, welcher die Tiefeninformationen in einem speziell formatierten 2D-Abbild der Szene enthält. Post-Processing-Effekte können diese Informationen wiederum für ihre dreidimensionalen Berechnungen nutzen. Für per Reshade eingepflegte Depth-Buffer-Effekte ist es daher elementar, dass der Injektor korrekt auf den Tiefen-Buffer eines Spiels zugreifen kann um. Der erste Schritt ist daher, diesen Umstand zu prüfen.

Der Depth-Buffer eines Spiel selbst kann allerdings in einigen Spielen auch dann Komplikationen machen, wenn er korrekt ausgelesen wird. Nicht immer enthält er etwa alle Elemente des Bilds (siehe Startmenü von Grim Dawn). *(pr)*

Fazit PCGH

Tief greifende Effekte

Depth-Buffer-Effekte zu injizieren kann eine Herausforderung sein, das ist allein schon technisch gegeben. Doch häufig kann man mit diesen Spiele – auch eher subtil und glaubwürdig – aufwerten. Die Grenzen sind im Grunde einzig und die Tiefen-Buffer-Kompatibilität der Spiele und die eigene Geduld.

Vielseitig und komplex, aber auch für Einsteiger geeignet

Philipp Reuther

Wie Dave schon anmerkt, kann es sehr viel Spaß machen, Spiele mit Reshade den eigenen Wünschen anzupassen. Die Abstimmung ist natürlich ein bisschen kniffelig und in viele der Shader muss man sich zuerst ein wenig einarbeiten, bis man sie genügend versteht und einzusetzen weiß. Viele der Effekte, die den Tiefen-Buffer nutzen, sind zudem öfters etwas problematisch – vorausgesetzt, Reshade kann den Tiefen-Buffer überhaupt auslesen. So kann beispielsweise ein Depth-of-Field unerwünscht Elemente wie das HUD oder Bildschirmtext erfassen, was sich unter Umständen nicht einmal mit Feintuning beheben lässt (bei Spielen mit isometrischer Perspektive etwa). Doch bei vielen Spielen lässt sich optisch reichlich herauskitzeln. Also: Ausprobieren!

Das macht einen Heidenspaß! Wer hat die besten Presets?

David Ney

Fleißige Leser wissen es bereits und alle Neulinge auf dem Gebiet Reshade jetzt auch: Dieses Tool ist eine Granate, nein, eine Bombe. Mir macht es unglaublich viel Spaß, mit den verschiedenen Shadern zu experimentieren und am Ende „mein" Preset daraus zu basteln und zu teilen. Ich kündige hiermit offiziell an, dass der geneigte Leser fortan DaveGame-Presets auf sfx.thelazy.net findet. Die Installation ist kinderleicht: Preset herunterladen, Reshade installieren und das Preset per Overlay laden. Einzig die Performance so mancher Shader könnte besser ausfallen. Es gibt sonst aber nichts zu meckern – das größte Kompliment eines Deutschen. Ich tauche dann wieder in das nächste Spiel ein, welches von mir per Reshade ein gehöriges Upgrade verpasst bekommt.

Reshade: Depth Buffer Access – funktioniert das Spiel mit den Effekten?

Halo Reach (MCC) ohne Depth-Buffer-Effekte

Korrekt ausgelesener Depth-Buffer

Bevor Sie Reshade nutzen, um Depth-Buffer-Effekte wie beispielsweise eine Umgebungsverdeckung in ein Spiel zu integrieren, ist es sinnvoll, zu prüfen, ob Reshade überhaupt auf den Tiefen-Buffer des Spiels zugreifen kann und ob dieser in korrektem Format vorliegt. Denn dies ist lange nicht bei allen Spielen der Fall. Des Weiteren, um Sie vor Sperrungen und andere Spieler vor Exploits zu schützen, verweigert Reshade selbst den Zugriff auf den Tiefen-Buffer, sobald ein Spiel Netzwerk-Traffic erzeugt. Um Ihnen selbst etwas Arbeit durch Herumprobieren zu ersparen, können Sie auf eine Reshade-Kompatibilitätsliste unter reshade.me/compatibility zurückgreifen. Diese Datenbank ist allerdings nicht vollständig und teils nicht aktuell, bietet indes einen guten Anlaufpunkt.

Um zu erkennen, ob Reshade in einem bestimmten Spiel auf den Tiefen-Buffer zugreifen kann und ob dieser im korrekten Format vorliegt, installieren Sie Reshade wie im ersten Teil des Artikels erklärt und aktivieren Sie anschließend den Shader DisplayDepth.fx. Nun sollte ein zweiteiliges Bild erscheinen. Das Bild rechts enthält die eigentliche Depth bzw. Tiefe (je dunkler die Schattierung, desto näher ist das Objekt), das Bild links die Normals, also die Orientierung (grünliche Färbung ist die Ober-/Vorderseite, Lila die Unter-/Rückseite). Bleibt das Bild schwarz, so lässt das Spiel keinen Zugriff auf den Depth-Buffer zu. Manche Spiele geben den Tiefen-Puffer auch horizontal oder vertikal gespiegelt, invertiert oder in einem logarithmischen Format (erkennbar an linienförmigen Artefakten) aus. Dies können Sie ebenfalls mit DisplayDepth.fx überprüfen, anschließend müssen Sie die korrekten Einstellungen für Reshade übertragen. Klicken Sie dazu auf „Edit global preprocessor definitions" und übertragen Sie die entsprechenden, bei DisplayDepth.fx Befehle gelisteten Befehle.

Assassin's Creed Syndicate ohne Depth-Buffer-Effekte

Invertierter Depth-Buffer

Depth-Buffer nach Korrektur

Grim Dawn ohne Depth-Buffer-Effekte

Die Ambient Occlusion verdeckt den Charakter …

… da er im Menü nicht im Depth-Buffer enthalten ist.

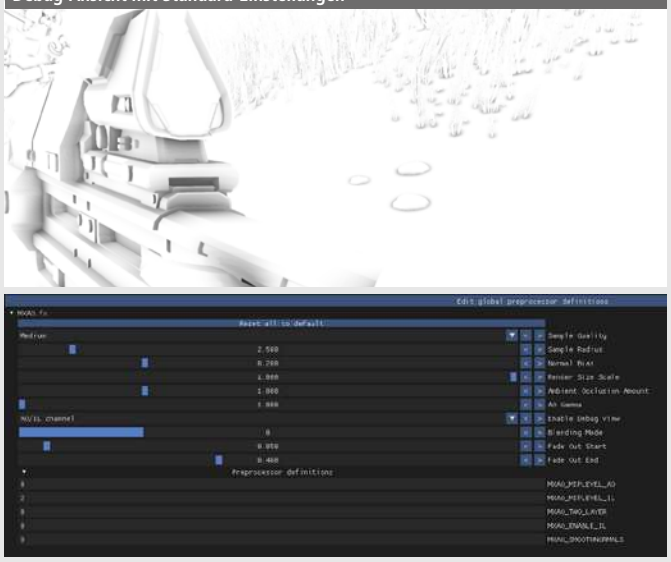
Reshade: Ambient Occlusion mit MXAO.fx

Hat Reshade Zugriff auf den Tiefen-Buffer eines Spiels, so können Sie beispielsweise eine feine Umgebungsverdeckung via MXAO.fx zuschalten. Eine solche kann einem Spiel eine optisch wesentlich glaubhaftere Tiefe verleihen, sollte es über keine eigene Ambient Occlusion verfügen. Sie können eine mäßig überzeugende Umgebungsverdeckung eines Spiels auch durch MXAO ersetzen oder unterstützen. Die Umgebungsverdeckung MXAO kann auf Wunsch zusätzlich eine indirekte Beleuchtung darstellen, eine Art (simplifizierte) Globale Beleuchtung. Um diese zu nutzen, geben Sie bei den Parametern des MXAO-Shaders bei MXAO_ENABLE_IL=0 eine 1 ein und laden Sie den Shader neu (Reload). Wir wollen uns an dieser Stelle auf die Ambient Occlusion konzentrieren, denn deren Abstimmung ist unter Umständen bereits ein wenig kniffelig, die indirekte Beleuchtung ergänzt einen Komplexitätslevel, der die Erklärung verkompliziert.

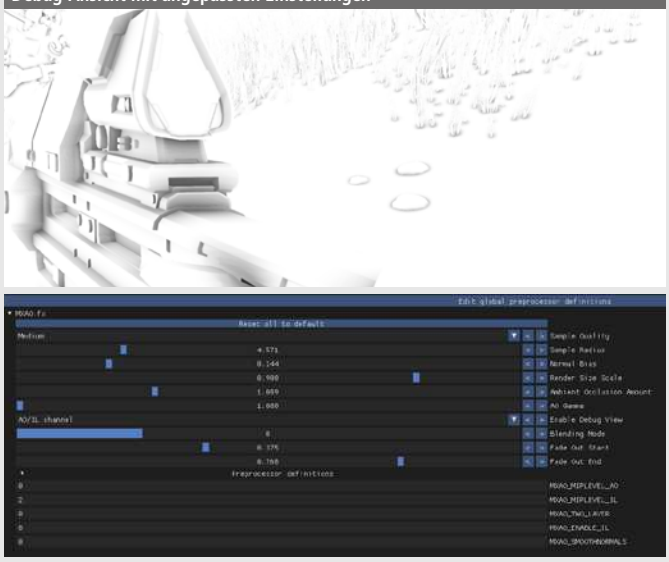
Halo Reach (Master Chief Collection) ohne Depth-Buffer-Effekte

Die Standard-Settings des MXAO-Shaders passen für viele Anwendungen bereits relativ ordentlich, doch häufig gibt es Probleme mit zu stark wirkender Verdunklung, durch Nebel durchscheinende Schatten oder nur begrenzt erfasste Elemente wie feine Vegetation. Mithilfe der Debug-Ansicht lassen sich viele Problemstellen erkennen und durch die verschiedenen Optionen vermeiden. Mit den Fade-Slidern können Sie beispielsweise bestimmen, ab welcher Entfernung die Ambient Occlusion beginnt, auszublenden (Fade-Start) und schlussendlich nicht mehr gezeichnet wird (Fade-End). Dies ist sehr praktisch, um zu verhindern, dass Elemente hinter Nebel oder Dunst in der Entfernung hindurchscheinen. Mit Sample Radius bestimmen Sie, ob die Umgebungsverdeckung eher feine Details (niedrige Stufe) oder große Flächen erfassen soll, hier ist die richtige Balance für den Content des Spiels gefragt. Mit Ambient Occlusion Amount bestimmen Sie die Stärke des Effekts, mit AO Gamma dessen Dunkelheit. Auch mit diesen Reglern lässt sich Durchscheinen der Ambient Occlusion vermeiden. Der Normal Bias bestimmt, wie stark sich kleine Winkel selbst verschatten können. Die Sample Quality regelt wie suggeriert die Qualität der Umgebungsverdeckung, übertreiben Sie es hier nicht, die Leistungsansprüche explodieren! Die Render Size Scale bestimmt die Auflösung des Effekts (1.0 ist die gewählte Bildschirmauflösung). Diesen Wert können Sie leicht reduzieren, um Leistung zu sparen, auffällig ist dies im Normalfall wenig.

Debug-Ansicht mit Standard-Einstellungen



Debug-Ansicht mit angepassten Einstellungen



Halo Reach (Master Chief Collection) mit MXAO und Standard-Einstellungen

Halo Reach (Master Chief Collection) mit MXAO und angepassten Einstellungen

Reshade: Screen Space Directonal Occlusion via PPFX SSDO.fx

Neben MXAO bietet auch der Shader PPFX SSDO.fx die Möglichkeit, via dem Shader-Injektor Reshade eine Ambient Occlusion in Spiele einzuimpfen. Dabei berücksichtigt die Screen Space Directional Occlusion die Richtung des einfallenden Lichts und simuliert darüber hinaus indirektes Licht inklusive Bounces. SSDO verdeckt also nicht nur, es handelt sich um eine (verhältnismäßig simple und abstrakte) Form einer Globalen Beleuchtung.

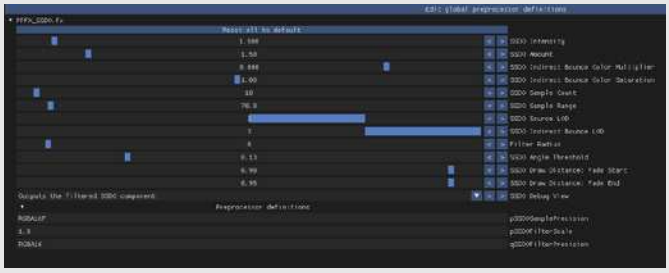
Mit Standard-Einstellungen wirkt der SSDO-Shader in den allermeisten Fällen viel zu stark gesättigt und dunkel, passen Sie die Stärke daher mit SSDO Intensity, Amount und die Färbung des indirekten Lichts mit Indirect Bounce Multiplyer (Helligkeit) und Saturation (Sättigung) an. Sample Count bestimmt die Qualität des Effekts, die LOD-Regler bestimmen die Auflösung. Die Feinabstimmung erfolgt via Angle Threshold (bestimmt, wie stark Winkel ausfallen müssen, um erfasst zu werden) Sample Range (maximale Sichtweite des Effekts) sowie Filter Radius. Mit diesen und dem Reduzieren der Intensity werden Sie außerdem Banding-Artefakten Herr. Nutzen Sie für das Feintuning des Effekts am besten die Debug-Maske. Die Regler für die Sichtweite (Draw Distance) zeigten bei unseren Test keine Funktion, eventuell ein Bug im Shader.

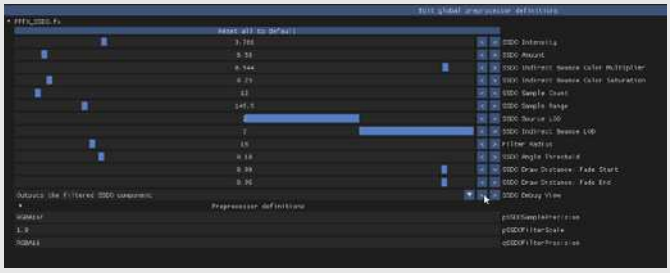
TW: Warhammer 2 ohne Depth-Buffer-Effekte

PPFX SDAO mit Standard-Einstellungen

Debug-Ansicht (gefilterte Variante) mit Standard-Einstellungen

Debug-Ansicht (gefilterte Variante) mit angepassten Einstellungen





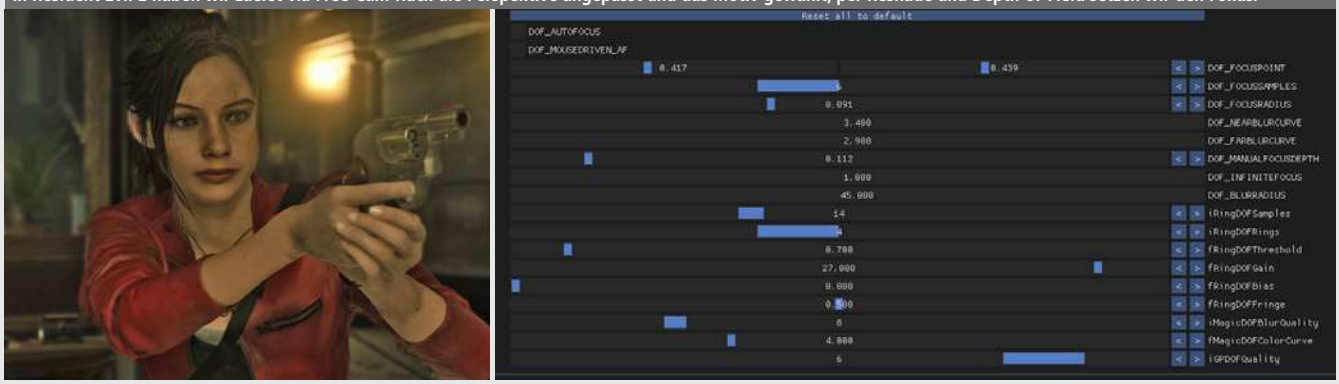
TW: Warhammer 2 mit SDAO und angepassten Einstellungen

TW: Warhammer 2 ohne Depth-Buffer-Effekte

Reshade: Kombinieren von Effekten für das perfekte Foto

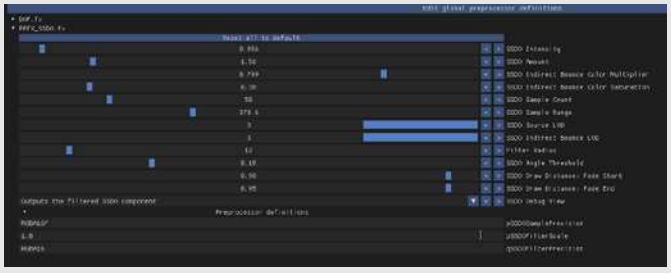
Insbesondere die Tiefenschärfe ist beim Spielen häufig eher störend als gewinnbringend, doch wird eine solche häufig von Reshade-Künstlern genutzt – für Screenshots. Denn um ein Element in einem Foto herauszustellen, ist die Nutzung von Tiefenschärfe sehr nützlich, obendrein kann der Effekt sehr schick aussehen, wenn dieser gut abgestimmt wurde und in hoher Qualität zum Einsatz kommt. Und mit einer Kombination der MXAO- und SSDO-Shader lassen sich sehr ansehnliche Schattenwürfe und Highlights erzeugen. Dieses Mal wollen wir also alle bislang genutzten Tiefen-Buffer-Effekte und außerdem in hoher Qualität anwenden. Dazu haben wir uns Resident Evil 2 ausgesucht, einen Kamera-Hack installiert, um unser Motiv zu wählen (gute Anlaufstelle für Free-Cam-Hacks: https://Framedsc.github.io) und haben dann mit der Tiefenschärfe den Fokus gesetzt. Mit SSDO können wir uns eher auf großflächige Elemente konzentrieren und deren Ausleuchtung optimieren, mit MXAO verschatten wir anschließend feine Details. Zuletzt haben wir dem HDR-Shader die Lebendigkeit der Szene etwas aufgepeppt, mit Clarity Bildschärfe und Highlights hervorgehoben und anschließend mit Tonemap Kontrast und Helligkeit angepasst. Sämtliche Bilder in diesem Artikel finden Sie in hoher Qualität auch auf DVD. Für bessere Sichtbarkeit im Heft haben wir die Effekte relativ stark akzentuiert aufgetragen.

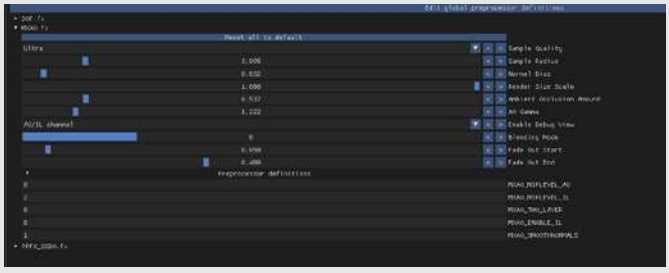
In Resident Evil 2 haben wir zuerst via Free-Cam-Hack die Perspektive angepasst und das Motiv gewählt, per Reshade und Depth-of-Field setzen wir den Fokus.



Mit SSDO passen wir Ausleuchtung und Verschattung gröberer Elemente an.

MXAO dient zur Verschattung von Feinheiten bei unserem Motiv.





Resident Evil 2 ohne Reshade-Effekte

Resident Evil 2 mit DoF, SSDO, MXAO, FakeHDR, Clarity, Tonemap, Curves

PCGH Print im Abo

Brandaktuelles PC-Spiel als Key!

1 **Spiele anschauen** auf www.pcgh.de/gamesplanet

2 **Danach das DVD-Abo bestellen auf** www.pcgh.de/shop

3 **Key für PC-Spiel einlösen bei** Gamesplanet

1-Jahres-Abo

PLUS: Viele weitere Spiele!

» 12 Ausgaben PCGH DVD + Top-Spiel bestellen unter:
www.pcgh.de/1-jahres-abo*

*1-Jahres-Abo DVD: 67,– Euro

2-Jahres-Abo

PLUS: Viele weitere Spiele!

» 24 Ausgaben PCGH DVD + Top-Spiel bestellen unter:
www.pcgh.de/2-jahres-abo**

**2-Jahres-Abo DVD: 134,– Euro (In Deutschland)

GAMESPLANET.COM

PCGH

msi

RYZEN

AMD

MAG B550 TOMAHAWK

MAG B550M MORTAR

MPG B550 GAMING CARBON WIFI

EIN STÜCK ZUKUNFT

AMD B550 MOTHERBOARDS

HIER KAUFEN

DEUTSCHLAND » Alternate, Bora Computer, computeruniverse, Cyberport, MediaMarkt.de, Mindfactory, Otto
ÖSTERREICH » cyberport.at, e-tec.at, MediaMarkt.at
SCHWEIZ » digitec.ch, steg-electronics.ch

WEITERE INFOS ZU MSI GAMING MOTHERBOARDS

http://de.msi.com

TRUE GAMING